

BRUNA HENRIQUE SACRAMENTO

**PROPOSTA METODOLÓGICA DE CONECTIVIDADE FLORESTAL E ANÁLISE
DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Sorocaba
2020

BRUNA HENRIQUE SACRAMENTO

**PROPOSTA METODOLÓGICA DE CONECTIVIDADE FLORESTAL E ANÁLISE
DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Wagner
Lourenço

Sorocaba
2020

S123p

Sacramento, Bruna Henrique

Proposta metodológica de conectividade florestal e análise de gases de efeito estufa em bacias hidrográficas / Bruna Henrique Sacramento.

-- Sorocaba, 2020

101 f. : il., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: Roberto Wagner Lourenço

1. Geoprocessamento. 2. Ecologia de Paisagem. 3. Mata Atlântica. 4. Mudanças climáticas. 5. REDD. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PROPOSTA METODOLÓGICA DE CONECTIVIDADE FLORESTAL E ANÁLISE DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

AUTORA: BRUNA HENRIQUE SACRAMENTO

ORIENTADOR: ROBERTO WAGNER LOURENÇO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROBERTO WAGNER LOURENÇO
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba

Prof. Dr. NOBEL PENTEADO DE FREITAS
Coordenação de Ciências Biológicas / Universidade de Sorocaba (UNISO)

Prof. Dr. DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA
Departamento de Engenharia de Pesca / Unesp - Câmpus de Registro

Sorocaba, 03 de fevereiro de 2020

Com sincera admiração, gratidão e amor,
dedico essa dissertação à minha mãe (Sandra) e
ao meu pai (Paulo).

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me iluminar, me permitir persistir e, assim, realizar meus sonhos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Wagner Lourenço, por todos os ensinamentos e oportunidades que se refletem em meu crescimento profissional e pessoal. Sou imensamente grata pela confiança e bom relacionamento proporcionados.

Aos professores Dr. Admilson Írio Ribeiro, Dr. Alexandre Marco da Silva, Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva, Dra. Kelly Cristina Tonello e Dr. Nobel Penteado de Freitas pela disponibilidade em participar das bancas de avaliação de minha dissertação. Além de colaborar com este trabalho, a maior contribuição que darão será com minha formação.

A toda minha família, em especial meus pais (Sandra e Paulo), minhas avós (Aurea e Isabel), meus irmãos (Vanessa e Paulo Henrique), meus sobrinhos (Henrique e Vinícius) e meu cunhado (Francisco). Poder contar com tanto amor e apoio de vocês foi, sem dúvidas, uma das maiores motivações para que eu pudesse chegar até aqui. Obrigada por confiarem em mim e viverem meus sonhos comigo.

Ao Luiz Felipe, pois além de me fornecer suporte técnico (vantagens de ter alguém da área de Tecnologia ao meu lado), minha maior felicidade é poder contar com seu carinho e compreensão. Por todas as vezes que me desesperei e/ou desanimei e eu pude contar com sua alegria e motivação: muito obrigada!

Aos queridos integrantes do Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental (Lab GeoMat): Amanda, Amazonino, Beatriz, Bruna, Bruno, Elfany, Fabio Neves, Fabio Oliveira, Flaviano, Giovana, Hetiany, Jocy, Jomil, Lauro, Miqueias e Rita. Além da oportunidade de compartilharmos experiências e saberes científicos, fico muito feliz pela amizade que pudemos construir.

À Unesp Sorocaba pela estrutura e condições para realização de meu estudo.

Aos docentes da Unesp Sorocaba pelo conhecimento compartilhado e ensinamentos. Em especial, agradeço novamente à Profa. Ma. Rita de Cássia Ferreira da Silva, pela supervisão em meu estágio de docência na disciplina de Topografia e Cartografia do curso de Engenharia Ambiental do campus.

Aos funcionários da Unesp Sorocaba que me auxiliaram nas tantas atividades realizadas, em especial ao Carlos Henrique Reche, à Lilian Helena Mathilde e à Lucimara Kurokawa Shinoda. Pelos esclarecimentos e amizade: obrigada!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

A todos que contribuíram, de alguma forma, com o desenvolvimento deste trabalho.

E como não se sentirá o homem pequeno diante desta gigantesca majestade esmagadora? E como se furtará ele de ser orgulhoso quando se lembrar que basta um aceno de sua mão para destruir toda esta obra de uma quase eternidade?

Alberto Loefgren *apud* Warren Dean, autor do livro *A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira* (1996).

RESUMO

Em um cenário de fragmentação florestal da Mata Atlântica e mudanças climáticas, ações para implementação de conectividade entre remanescentes florestais permitem a resiliência desse bioma e a redução de emissão de gases de efeito estufa. O presente estudo teve como objetivo elaborar uma proposta metodológica para estabelecimento de conectividade de fragmentos florestais remanescentes de Mata Atlântica e avaliar e comparar os cenários de emissões de gases de efeito estufa com e sem a implementação de um projeto de Redução de Emissões por Desflorestamento e Degradação Florestal (REDD) em fragmentos de Mata Atlântica inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, em Ibiúna, São Paulo, Brasil. Para elaboração da base cartográfica, foram vetorizados curvas de nível, pontos cotados e hidrografia a partir de cartas topográficas em escala 1: 10.000. Foi elaborado um Modelo Digital de Terreno por Rede Irregular Triangular e gerada a declividade percentual da área de estudo, classificada de acordo com o relevo. Foi feita a compartimentação morfométrica da bacia hidrográfica. O mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal foi feito por interpretação visual de ortofoto *Vexcel Ultracam* com resolução espacial de 0,45 m, referente a 2010. Com o auxílio do Google Earth Pro, foram realizadas retificações para 2019. Foram avaliadas métricas de paisagem com relação ao tamanho, borda, forma e isolamento de fragmentos florestais pela extensão *Patch Analyst*, além do Índice de Exposição Antrópica (IEA). Foram determinadas as Áreas de Preservação Permanente (APP) de acordo com o Código Florestal Brasileiro. Também foi determinada a Capacidade de Uso da Terra da área de estudo. Informações quanto a declividade, APP, isolamento, Uso do Solo e Cobertura Vegetal, Capacidade de Uso da Terra e IEA foram ponderadas por meio de Análise Hierárquica de Processos (AHP) para determinação dos locais com Viabilidade para Conectividade Florestal (VCF). A Proposta de Conectividade Florestal (PCF) abordou dados da VCF e aspectos legais. Foram modelados cenários de emissão de gases de efeito estufa por meio da ferramenta REDD para 30 anos. Os procedimentos foram realizados no ArcGIS 10.6 e no TerrSet 18.10. A altitude da BHRS variou entre 837,02 e 1.203,34 m. As declividades médias do baixo, médio e alto cursos foram de 24,35%, 20,30% e 13,14%, respectivamente. Em ambos os períodos analisados, a classe de uso do solo com maior representação foi Mata. Os fragmentos florestais do baixo curso apresentaram maior isolamento médio. No baixo e no médio curso os fragmentos florestais apresentaram IEA baixo e médio. 65,59% das APP apresentam-se conservadas. 61,77% da BHRS foi recomendada para uso conservacionista, de acordo com a Capacidade de Uso da Terra. Quanto à VCF, a AHP demonstrou razão de consistência satisfatória (8,7%) e 71,45% da BHRS possui alta VCF. Por meio da PCF foram delimitadas 11 faixas de conectividade florestal na área de estudo. Pelos dados da modelagem REDD, o projeto de conectividade florestal representaria uma redução de 78% de emissão de gases de efeito estufa. Projetos dessa natureza são relevantes, dada a importância da vegetação para a paisagem e da Mata Atlântica para a biodiversidade mundial.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Ecologia de Paisagem. Mata Atlântica. Mudanças climáticas. REDD.

ABSTRACT

In a scenario of Atlantic Forest fragmentation and climate change, actions to implement forest connectivity between remnants allow the resilience of this biome and the reduction of greenhouse gas emissions. The aim of this study was to elaborate a methodological proposal for determination of connectivity of remnant forest fragments of Atlantic Forest and to evaluate and to compare perspectives of greenhouse gases emissions with and without a Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) project in Atlantic Forest fragments inserted in the Sorocabaçu River Basin in Ibiúna, São Paulo, Brazil. To elaborate the cartographic base, level curves, quoted points and hydrography were digitalized from topographic charts on a scale of 1: 10,000. It was generated a Digital Terrain Model by Triangular Irregular Net and the percentage slope of the study area, classified according to the relief. Morphometric compartmentalization of the watershed was done. The mapping of the land use and vegetation cover was done by visual interpretation of orthophoto *Vexcel Ultracam* with spatial resolution of 0.45 m, referring to 2010. With the aid of Google Earth Pro, adjustments were made for 2019. Landscape metrics were evaluated in relation to the size, border, shape and isolation of forest fragments through the *Patch Analyst* extension, besides Anthropic Exposure Index (IEA). Permanent Preservation Areas (APP) were determined according to the Brazilian Forest Code. The Land Use Capacity of the study area was also determined. Data of slope, APP, isolation, Land Use and Vegetation Cover, Land Use Capacity and IEA were weighted by Analytic Hierarchy Process (AHP) to determine the sites with Viability for Forest Connectivity (VCF). The Proposal of Forestry Connectivity (PCF) was done with VCF data and legal information. It was modeled greenhouse emission scenarios with REDD tool for 30 years. The procedures were performed in ArcGIS 10.6 and TerrSet 18.10. The height of the BHRS ranged from 837.02 to 1,203.34 m. The mean slopes of the low, medium and high courses were 24.35%, 20.30% and 13.14%, respectively. In both analyzed periods, the land use class with the highest representation was Mata. The low course forest fragments had the highest average isolation. In the low and middle courses the forest fragments presented low and medium IEA. 65.59% of the APP are conserved. 61.77% of the BHRS was recommended for conservationist use, according to Land Use Capacity. About VCF, AHP demonstrated satisfactory consistency ratio (8.7%) and 71.45% of BHRS had high VCF. It was delimited 11 areas for forestal connectivity in the study area. By the model REDD data, the forestall connectivity project would represent a reduction of 78% of greenhouse gases emission. Projects like this one are relevant because of the importance of vegetation to the landscape and the Atlantic Forest to global biodiversity.

Keywords: Geoprocessing. Landscape Ecology. Atlantic Forest. Climate changes. REDD.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espectro eletromagnético e faixas de radiação	21
Figura 2 – Comportamento espectral de diferentes alvos.....	22
Figura 3 – Arquitetura de um SIG	23
Figura 4 – Localização da área de estudo.....	29
Figura 5 – Mapa de Solos da BHRS.....	31
Figura 6 – Fluxograma de pesquisa.....	33
Figura 7 – Articulação das cartas topográficas usadas na elaboração da base cartográfica.....	34
Figura 8 – Mapa base da área de estudo.....	46
Figura 9 – Perfil Topográfico longitudinal do eixo principal da área de estudo.....	47
Figura 10 – Mapa de hipsometria do relevo	48
Figura 11 – Mapa de Declividades	49
Figura 12 – Mapa do Uso do Solo e Cobertura Vegetal do ano de 2010	50
Figura 13 – Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da BHRS referente a 2019.....	52
Figura 14 – Mapa dos Fragmentos Florestais da área de estudo.....	54
Figura 15 – Mapa do IEA dos fragmentos florestais avaliados na área de estudo	56
Figura 16 – Mapa de APP da BHRS	57
Figura 17 – Mapa de Capacidade de Uso da Terra da BHRS	59
Figura 18 – Mapa de VCF da BHRS	62
Figura 19 – PCF da BHRS	64
Figura 20 – Áreas de projeto e de desmatamento permitido na BHRS.....	68
Figura 21 – Curvas de emissões de CO ₂ base e do projeto REDD	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Escala de Saaty para comparação pareada de critérios para AHP.....	24
Quadro 2 – IR de acordo com a literatura	25
Quadro 3 – Classes de declividade e respectivas classes de relevo.....	35
Quadro 4 – Métricas de paisagem, respectivas unidades de medida e equacionamentos	37
Quadro 5 – Ponderação adotada no IEB.....	39
Quadro 6 – Diretrizes para delimitação das APP da área de estudo.....	40
Quadro 7 – Grupos de capacidade de uso da terra e respectivos descritivos	41
Quadro 8 – Grupos de capacidade da terra de acordo com os solos e declividade	42
Quadro 9 – Agrupamento da capacidade de uso da terra de acordo com o uso do solo e cobertura vegetal e APP	42
Quadro 10 – Matriz de comparação pareada para estabelecimento do VCF.....	43
Quadro 11 – Estimativas de estoque de carbono AB das classes mapeadas	45
Quadro 12 – Ordem de importância das classes dos critérios adotados na VCF	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantitativo do Uso do Solo e Cobertura Vegetal da BHRS no ano de 2010.....	51
Tabela 2 – Uso do Solo e Cobertura Vegetal (km ²) da BHRS no ano de 2019.....	53
Tabela 3 – Médias das métricas de paisagem avaliadas nos setores da BHRS	55
Tabela 4 – Médias do IC, IEB e IEA dos setores da BHRS	56
Tabela 5 – APP (km ²) e suas áreas conservadas (km ² e percentual), de acordo com seu tipo .	58
Tabela 6 – Áreas (km ² e percentual) da capacidade de uso da terra da BHRS	59
Tabela 7 – Ponderação para o VCF resultante da AHP e seus parâmetros de confiabilidade..	60
Tabela 8 – Quantificação de área (km ² e %) das diferentes classes de VCF.....	63
Tabela 9 – Área de cada faixa estabelecida com a PCF na BHRS	65
Tabela 10 – Área percentual do Uso do Solo e Cobertura Vegetal na PCF	66
Tabela 11 – Valores de BE em função de AB	69
Tabela 12 – Quantitativo de emissões de CO ₂ na modelagem REDD	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\lambda_{\text{máx}}$	Autovalor máximo da matriz de comparação pareada
AB	Estoque de carbono acima do solo
AF	Área dos Fragmentos florestais
AHP	Análise Hierárquica de Processos
AMC	Análise Multicritério
APA	Área de Preservação Ambiental
APP	Áreas de Preservação Permanente
BE	Estoque de carbono abaixo do solo
BHRS	Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu
CO ₂	Dióxido de carbono
COP	Conferência das Partes
COP-13	13 ^a Conferência das Partes
COP-25	25 ^a Conferência das Partes
Cwa	Clima subtropical com verão úmido e inverno seco
DB	Densidade de Borda
DFM	Dimensão Fractal Média
EASAC	Agência Executiva do Conselho Europeu de Investigação (<i>European Academies Science Advisory Council</i> , em inglês)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENREDD+	Estratégia Nacional para REDD+
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice de Circularidade
Icon	Índice de Consistência
IEA	Índice de Exposição Antrópica
IEB	Índice de Efeito de Borda
IFM	Índice de Forma Médio
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> , em inglês)
IR	Índice de Consistência Randômica

LCM	<i>Land Change Modeler</i>
MCTIC	Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
n	Dimensão da matriz de comparação pareada
PCF	Proposta de Conectividade Florestal
PIB	Produto Interno Bruto
PMMA	Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Ibiúna
RC	Razão de Consistência
REDD	Redução de Emissões por Desflorestamento e Degradação Florestal
REDD+	Redução de Emissões por Desflorestamento e Degradação Florestal com Benefícios Socioambientais
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura da Estância Turística de Ibiúna
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS 2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SP	Estado de São Paulo
SR	Sensoriamento Remoto
TB	Total de Bordas
TIN	Rede Irregular Triangular (<i>Triangulated Irregular Network</i> , em inglês)
UGRHI 10	Décima Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> , em inglês)
UTM	Universal Transversa de Mercator
VCF	Viabilidade a Conectividade Florestal
VMPM	Vizinho Mais Próximo Médio
WMS	Web Map Service

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	Mata Atlântica	20
2.2	Geoprocessamento	20
2.2.1	Sensoriamento Remoto.....	21
2.2.2	Sistema de Informações Geográficas	22
2.3	Análise Hierárquica de Processos	23
2.4	Ecologia de paisagem	25
2.5	Mudanças climáticas	26
3	OBJETIVOS	28
3.1	Objetivo geral.....	28
3.2	Objetivos específicos.....	28
4	MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1	Área de estudo.....	29
4.2	Materiais.....	31
4.3	Métodos	32
4.3.1	Elaboração da base cartográfica	33
4.3.2	Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal.....	35
4.3.3	Avaliação de métricas de paisagem.....	36
4.3.4	Índice de Exposição Antrópica dos Fragmentos Florestais.....	38
4.3.5	Determinação de Áreas de Preservação Permanente.....	39
4.3.6	Determinação de Capacidade de Uso da Terra.....	40
4.3.7	Mapeamento da Viabilidade a Conectividade Florestal	43
4.3.8	Proposta de Conectividade Florestal	44
4.3.9	Implementação de projeto REDD e análise de gases de efeito estufa.....	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5.1	Elaboração da base cartográfica	46
5.2	Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal	49
5.3	Avaliação de métricas de paisagem.....	53
5.4	Índice de Exposição Antrópica dos Fragmentos Florestais.....	55
5.5	Determinação de Áreas de Preservação Permanente.....	57
5.6	Determinação de Capacidade de Uso da Terra	58

5.7	Mapeamento de Viabilidade a Conectividade Florestal	60
5.8	Proposta de Conectividade Florestal	63
5.9	Implementação de projeto REDD e análise de gases de efeito estufa	67
6	CONCLUSÕES.....	74
	REFERÊNCIAS	75
	APÊNDICES	90
	APÊNDICE A	90
	APÊNDICE B.....	96
	ANEXOS	101
	ANEXO A.....	101

1 INTRODUÇÃO

Indícios científicos sobre a problemática de mudanças climáticas a nível mundial vêm chamando a atenção da população desde a década de 1980. Essas alterações no clima são associadas ao aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) e às mudanças no uso da terra. De acordo com a Terceira Edição do Relatório de Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil, organizado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações do Brasil, nos biomas brasileiros Cerrado e Mata Atlântica foram observados os maiores índices de emissões de GEE devido a mudanças no uso da terra (MCTIC, 2016).

Em 2008 foi lançado o Programa Colaborativo das Nações Unidas de Redução de Emissões por Desflorestamento e Degradação Florestal (REDD). Tal programa fornece assistência técnica e financeira aos países em desenvolvimento para incentivar a redução de emissões de GEE advindas do desflorestamento e degradação das florestas. O REDD+ (Redução de Emissões por Desflorestamento e Degradação Florestal com Benefícios Socioambientais) também se destina aos países emergentes por meio de pagamentos destinados para ações de redução de emissões de carbono florestal, além de incentivar o aumento da cobertura florestal (MMA, 2016; UN-REDD PROGRAMME, 2018).

A Estratégia Nacional para REDD+ (ENREDD+), criada em 2015, é um documento que oficializa os esforços do governo brasileiro nessa temática e suas estratégias de aprimoramento até 2020. As ações previstas nesta iniciativa são: controle do desmatamento e degradação florestal; promoção de recuperação florestal e; o incentivo ao desenvolvimento sustentável (MMA, 2016).

A Mata Atlântica é a segunda maior floresta ombrófila densa do continente sul americano e um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000). A fragmentação da Mata Atlântica compromete o fluxo gênico de espécies raras, endêmicas e ameaçadas de extinção, da fauna e da flora (MMA, 2010). A regeneração natural desse bioma é bastante difícil, devido a fatores de degradação como queimadas (SANTOS *et al.*, 2019). Com isso, são necessárias ações de conservação e/ou preservação nesse bioma, para sua manutenção.

A conectividade florestal consiste em uma ferramenta utilizada para a restauração e conservação. Essa técnica, prevista no Código Florestal (instituído pela Lei Federal nº 12.651/12), permite que fragmentos florestais voltem a ser conectados para restabelecimento do fluxo gênico entre eles (GERHARDT, 2014). De acordo com o Roteiro para Elaboração e Implementação dos Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica, deve

ser levado em conta a escolha de áreas para a conservação e recuperação que contribuam com o aumento da conectividade entre os remanescentes florestais (MMA, 2017).

Na região da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu (BHRS), no município de Ibiúna/SP, encontram-se duas áreas definidas como prioritárias para a conservação da Mata Atlântica: Morro Grande e Serra do Mar. A primeira, por exemplo, é importante para a preservação de mananciais de água e possui prioridade extremamente alta para a conservação. Algumas das ações sugeridas para a área são: realização de pesquisas; construção de mosaicos/corredores ecológicos no local (MMA, 2007).

Com isso, essa pesquisa tem por finalidade elaborar uma proposta metodológica para estabelecimento de conectividade entre fragmentos florestais remanescentes de Mata Atlântica inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, bem como avaliar uma simulação de emissões de GEE com e sem a implantação desse projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mata Atlântica

O Brasil possui mais de 540 milhões de hectares de cobertura florestal e os principais biomas do território são: Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal e Campos Sulinos. Quanto à Mata Atlântica, as fitofisionomias presentes nesse bioma são: Floresta Ombrófila (Densa, Aberta e Mista), Floresta Estacional (Decidual e Semidecidual), formações pioneiras (restingas, manguezais etc.), encaves de Savana e Zonas de Tensão Ecológica (BRASIL, 2008; SANQUETTA, 2008; IBGE, 2012).

Originalmente presente em 130 milhões de hectares no Brasil, esse bioma começou a ser desmatado logo com a chegada dos europeus no país, no final do século XV. No Estado de São Paulo (SP), a cobertura florestal da Mata Atlântica foi de 80% para 18% entre os anos de 1850 e 1950, devido à expansão da cultura do café e industrialização. Frente aos iniciais 17,1 milhões de hectares que recobriam o estado, atualmente apenas 2 milhões de hectares de Mata Atlântica apresentam-se conservados na forma de fragmentos florestais desconectados (ZAÚ, 1998; MYERS *et al.*, 2000; JUVENAL; MATTOS, 2002; MMA, 2010; LAPOLA *et al.*, 2013; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2018).

A fragmentação da Mata Atlântica compromete o fluxo gênico de espécies raras, endêmicas e ameaçadas de extinção, da fauna e da flora (MMA, 2010). Destaca-se, ainda, que ações de conservação e recuperação nesse bioma são de suma importância, frente aos serviços ecossistêmicos por ele oferecidos: proteção ciliar de recursos hídricos, controle de erosão de solos e redução de emissão de GEE (DITT *et al.*, 2010; MMA, 2010; ALARCON *et al.*, 2015; GUIMARÃES *et al.*, 2017).

2.2 Geoprocessamento

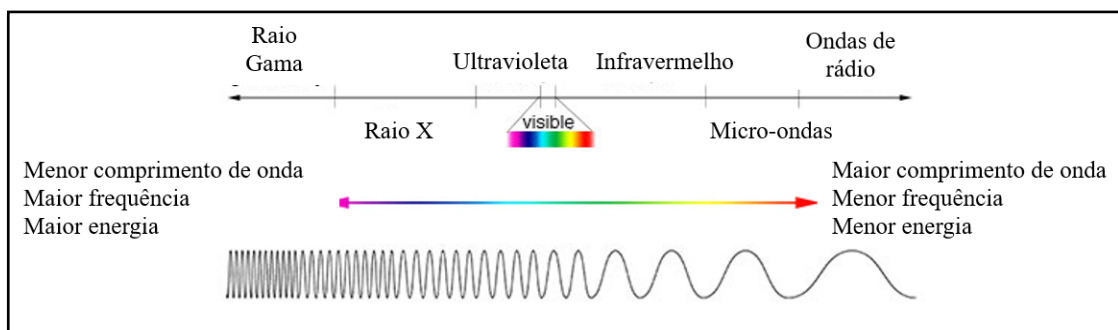
O processamento de dados espaciais ou georreferenciados (com localização espacial atribuída) por meio de técnicas matemáticas e computacionais é definido por geoprocessamento (CÂMARA; DAVIS, 2001; SILVA, ZAIDAN, 2004; MÜLLER, 2015). Trata-se de uma tecnologia interdisciplinar, que abrange Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto (SR), entre outras temáticas.

2.2.1 Sensoriamento Remoto

O SR consiste na coleta de dados sobre um fenômeno ou um objeto sem que haja contato físico com eles. Essas informações são coletadas por meio de sensores, muitas vezes acoplados a aeronaves ou satélites. Se tratando de imagens, esses sensores coletam energia eletromagnética, que é convertida em informações que permitam sua análise (NOVO, 1992; SCHOWENGERDT, 1997; ARONOFF, 2005; JENSEN, 2011).

O Sol é a principal fonte de energia eletromagnética para extração de informações por SR (NOVO, 1992; SCHOWENGERDT, 1997; JENSEN, 2011). Os objetos da superfície terrestre possuem diferentes características de absorbância, reflectância, transmitância e emitância, o que está diretamente ligado a propriedades espectrais (NOVO, 1992; ARONOFF, 2005; JENSEN, 2011). O espectro eletromagnético (Figura 1) consiste numa representação da radiação eletromagnética em termos de energia, comprimento de onda ou frequência. Por possuir diversas faixas de radiação, a região de detecção de informações, por SR, irá ser função das características do instrumento imageador.

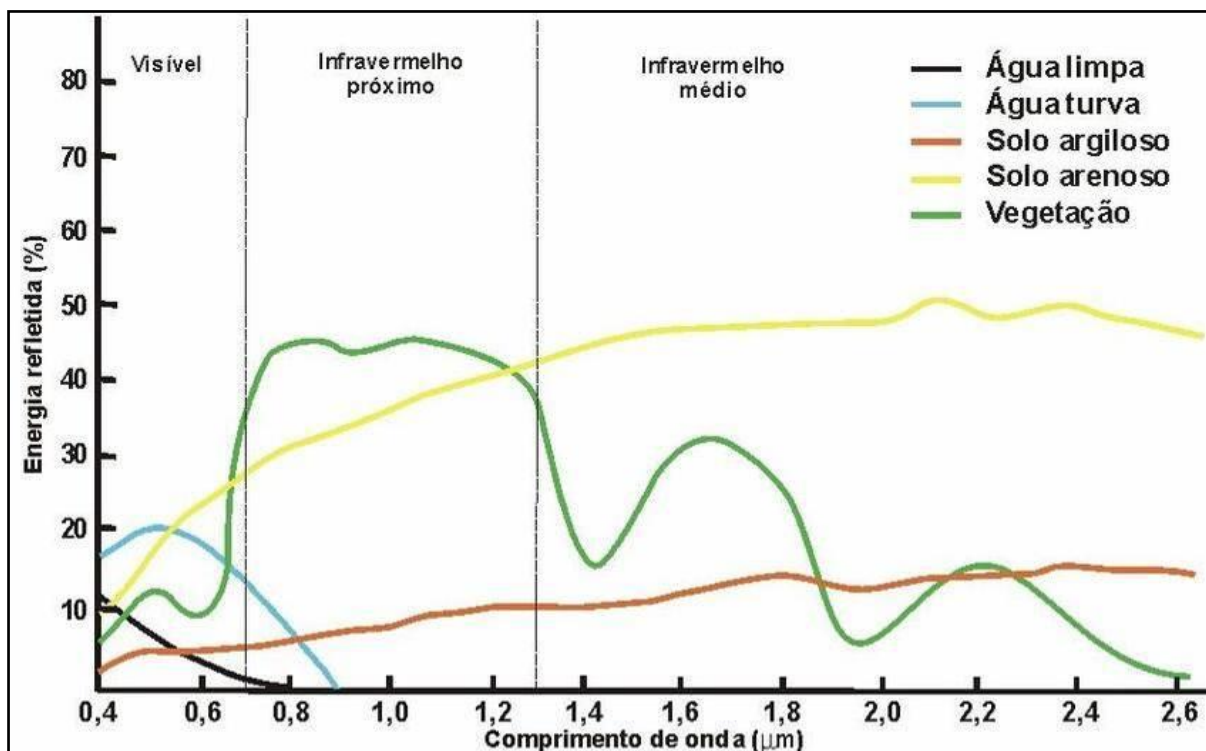
Figura 1 – Espectro eletromagnético e faixas de radiação



Fonte: adaptado de Nasa (2013).

A reflectância é uma forma de representação de dados de SR (ARONOFF, 2005; JENSEN, 2011). A diferenciação dos objetos imageados dá-se por meio das diferentes propriedades de reflectância dos mesmos, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Comportamento espectral de diferentes alvos



Fonte: adaptado de Camolez (2005).

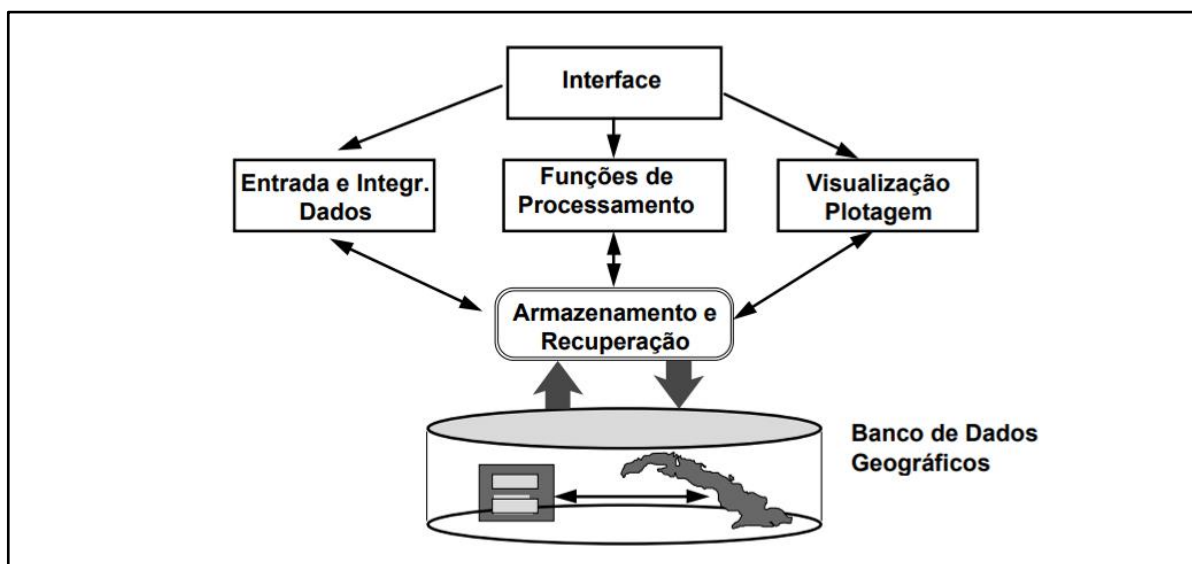
A fim de melhor diferenciar os objetos, os instrumentos de SR podem realizar coleta de informações de radiação em partes distintas, denominadas faixas espectrais, diferenciadas em termos seu comprimento de onda. A forma de utilização dessas informações varia muito conforme a aplicação. Para fins de mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal, por exemplo, é conveniente combinar essas bandas por meio de uma composição. A composição cor verdadeira, por exemplo, apresenta os dados como observados na natureza (FLORENZANO, 2002; JENSEN, 2011).

2.2.2 Sistema de Informações Geográficas

Saber a localização espacial de uma informação pode ser bastante importante para a tomada de decisão com relação a ela (LONGLEY *et al.*, 2015). Os sistemas com possibilidade de realização de tratamento computacional de dados geográficos, com informações alfanuméricas e também localização espacial, são denominados SIG (CHRISTOFOLETTI, 1999; RIBEIRO; CÂMARA, 2001; HUISMAN; DE BY, 2009; HIGGINS *et al.*, 2014; KAKUMOTO *et al.*, 2016; BANERJEE; RAY, 2019). De forma abrangente, considera-se que os SIG possuam como componentes: interface com usuário; entrada e integração de dados;

funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados. A interação dessas componentes ocorre conforme a Figura 3.

Figura 3 – Arquitetura de um SIG



Fonte: Câmara *et al.* (1996).

Esses sistemas permitem inserir e integrar informações de dados cartográficos, censitários, imagens de satélite etc. Além disso, os SIG permitem combinar informações por meio de manipulações e análise (RIBEIRO; CÂMARA, 2001; BURROUGH; MCDONNELL, 2004; LONGLEY *et al.*, 2015).

As aplicações ambientais dos SIG são anteriores ao advento computacional. A modelagem espacial de fenômenos hidrológicos e análises na área de ecologia já era realizada, mas os SIG surgiram como ferramenta para auxiliar nesses estudos (CÂMARA *et al.*, 1996). Com o auxílio de SIG, é possível realizar análise ambiental de risco de degradação de recursos hídricos (SILVA *et al.*, 2017), incêndios (LOPES *et al.*, 2018) e enchentes (LOPES *et al.*, 2019). Também bastante usado para definição de áreas prioritárias para conservação e recuperação ambiental, quanto à avifauna (SALES; SILVA; LOURENÇO, 2017), recuperação de entorno de cursos d'água (SOUSA *et al.*, 2019), zoneamento de unidades de conservação (LOPES; LOURENÇO; REUSS-STRENZEL, 2016).

2.3 Análise Hierárquica de Processos

A Análise Multicritério (AMC) consiste numa técnica para análise ambiental que proporciona uma perspectiva realista, pois são consideradas as relações ponderadas entre as variáveis dos meios físico, biótico e antrópico. Esse método permite que a tomada de decisão seja menos subjetiva. Para aplicação dessa metodologia, é necessário definir: os cenários de análise; os critérios e seus respectivos pesos; a agregação dos fatores; a análise multiobjetivo (FRANCISCO, 2006; LOPES; LOURENÇO; REUSS-STRENZEL, 2016).

Proposto por Thomas L. Saaty, a Análise Hierárquica de Processos (AHP) consiste em um tipo de AMC. Na AHP, uma decisão complexa é dividida em questões menores, de modo a criar um modelo hierárquico (SAATY, 1989; TUNG; TANG, 1998). Esse modelo hierárquico é construído por meio da comparação pareada entre os fatores alvo da AHP, conforme sua ordem de importância (Quadro 1).

Quadro 1 – Escala de Saaty para comparação pareada de critérios para AHP

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Contribuição igual dos fatores para o objetivo
3	Importância moderada	Um fator contribui levemente mais ao objetivo
5	Importância forte	Clara contribuição de um fator sobre o outro
7	Importância muito forte	Forte favorecimento de um fator sobre outro
9	Extrema importância	Maior ordem de diferença entre os fatores
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Valores intermediários de julgamento

Fonte: adaptado de Moreira *et al.* (2001).

A partir de tal comparação, são gerados parâmetros para verificar a confiabilidade da ponderação atribuída/resultante, como a Razão de Consistência (RC). Ela varia entre 0 e 1, indicando total consistência e inconsistência, respectivamente (MOREIRA *et al.*, 2011). A RC

é dada pela divisão do Índice de Consistência (ICon) pelo Índice de Consistência Randômica (IR), conforme a Equação abaixo.

$$RC = \frac{ICon}{IR} \quad (1)$$

O ICon é dado em função da dimensão da matriz de comparação pareada (n) e seu autovalor máximo ($\lambda_{m\acute{a}x}$), conforme a Equação 2.

$$ICon = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n - 1)} \quad (2)$$

Já o IR consiste num valor proposto por Saaty (1987) de acordo com n, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – IR de acordo com a literatura

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Fonte: adaptado de Saaty (1987).

Em estudos ambientais, essa ferramenta de suporte à tomada de decisão vem sendo utilizada em projetos de energias renováveis (AHMAD; TAHAR, 2014; HOCINE; KOUAISSAH, 2019), fragilidade ambiental (PINESE JÚNIOR; RODRIGUES, 2012; SAHOO; DHAR; KAR, 2016; MANTOVANI; BACANI, 2018) e corredores ecológicos (FERREIRA *et al.*, 2011; LIU *et al.*, 2012; MORANDI, 2018; SANTOS *et al.*, 2018; MOREIRA, 2019).

2.4 Ecologia de paisagem

Na Ecologia de Paisagem, estuda-se a relação entre o padrão espacial e os processos ecológicos, bem como nos impactos da distribuição de fatores bióticos e abióticos em um ecossistema como causa e consequência desses processos (FORMAN; GODRON, 1986; SINGER *et al.*, 2006; WU, 2019). Tal conceito foi introduzido por Troll em 1939, porém seu desenvolvimento deu-se lentamente até a década de 1980 (FU; LU, 2006). A partir de então,

tem sido amplamente usada para estudo com fins de desenvolvimento sustentável (MAYER *et al.*, 2016) e planejamento e gestão da paisagem (CAI *et al.*, 2006; REMPEL *et al.*, 2008; HAN, 2013; TEIXEIRA; SILVA; FARIAS, 2017; SACRAMENTO *et al.*, 2019).

O desenvolvimento da Ecologia de Paisagem apresentou grandes avanços com a evolução das técnicas de SR e SIG (YU *et al.*, 2019). Por meio dessas ferramentas, é possível quantificar a estrutura da paisagem por meio de métricas a ela relacionadas (LANG; BLASCHKE; 2009). Essas métricas de paisagem podem ser avaliadas em nível de manchas (fragmentos florestais individualizados), de classes ou de paisagem, quanto a área, forma, densidade, borda etc. (LANG; BLASCHKE; 2009).

2.5 Mudanças climáticas

Considerado um fenômeno natural, o Efeito Estufa consiste na manutenção da temperatura da atmosfera por conta da presença de GEE, como vapor de água, dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso, metano e ozônio (IPCC, 2014; WMO, 2014; VASCONCELOS *et al.*, 2018). De acordo com Oliveira (2013) e o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*, (2014), o aumento na emissão GEE deu-se com a Revolução Industrial, que resultou em mudanças no consumo de recursos naturais (tanto como matéria-prima quanto receptor de subprodutos de processos industriais, como efluentes). Com o aumento de GEE na atmosfera houve uma alteração no balanço de energia da superfície terrestre e aumento da temperatura média do planeta (VASCONCELOS *et al.*, 2018). De acordo com projeções do IPCC, o aumento da temperatura terrestre pode alcançar 1,5 °C entre os anos de 2030 e 2052, caso as taxas de emissão de GEE sejam semelhantes às da década passada (IPCC, 2018).

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, do inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change*) foi criada no Rio de Janeiro no ano de 1992 e é uma das iniciativas de esforços para redução da emissão de GEE por (ZUBERI; ALI, 2015). A UNFCCC é responsável por acompanhar e incentivar atividades que visem a redução dos danos ambientais e aumento nas mudanças climáticas (CRUZ; FERNANDES, 2013). A Conferência das Partes (COP) é realizada anualmente e os países participantes da UNFCCC se reúnem.

A 13ª Conferência das Partes (COP-13) da UNFCCC, em 2007, estabeleceu o Plano de Ação de Bali e a decisão sobre incentivar ações para redução de emissões por desmatamento e degradação florestal (MMA, 2016). Surge então o REDD, um instrumento econômico em que

países emergentes são compensados por seus resultados quanto ao combate do desmatamento e à degradação florestal. Dessa forma, ao reduzir as emissões de GEE os países em desenvolvimento recebem incentivos de diversas fontes financeiras internacionais – como o Fundo Verde para o Clima, *GCF*, em inglês (MMA, 2016).

De acordo com o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), cerca de 54% do território brasileiro possui cobertura vegetal remanescente. Esses locais possuem potencial para sucesso do REDD (MMA, 2016). O setor de mudança de uso da terra e florestas correspondia à principal fonte de emissões de GEE no Brasil, entre os anos de 1990 e 2005. Em agosto de 2019 foi publicado pelo IPCC um relatório de título *Climate Change and Land* (Mudanças Climáticas e Terra) que traz algumas consequências para o clima global em diversos cenários de modificação de uso das terras (IPCC, 2019). De acordo com a organização, as mudanças climáticas podem resultar em impactos nos meios natural, social e econômico (IPCC, 2019).

As ações de mitigação de emissões devem, portanto, ser prioritárias nessa temática. Considerando o potencial do setor de mudança do uso da terra e florestas como sumidouro de GEE, o Brasil pode continuar reduzindo suas emissões totais por meio do aprimoramento e da intensificação de ações para REDD (MMA, 2016).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Elaborar uma proposta metodológica para estabelecimento de conectividade de fragmentos florestais remanescentes de Mata Atlântica e avaliar e comparar os cenários de emissões de GEE com e sem a implementação de um projeto REDD em fragmentos Mata Atlântica inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu, em Ibiúna, São Paulo, Brasil.

3.2 Objetivos específicos

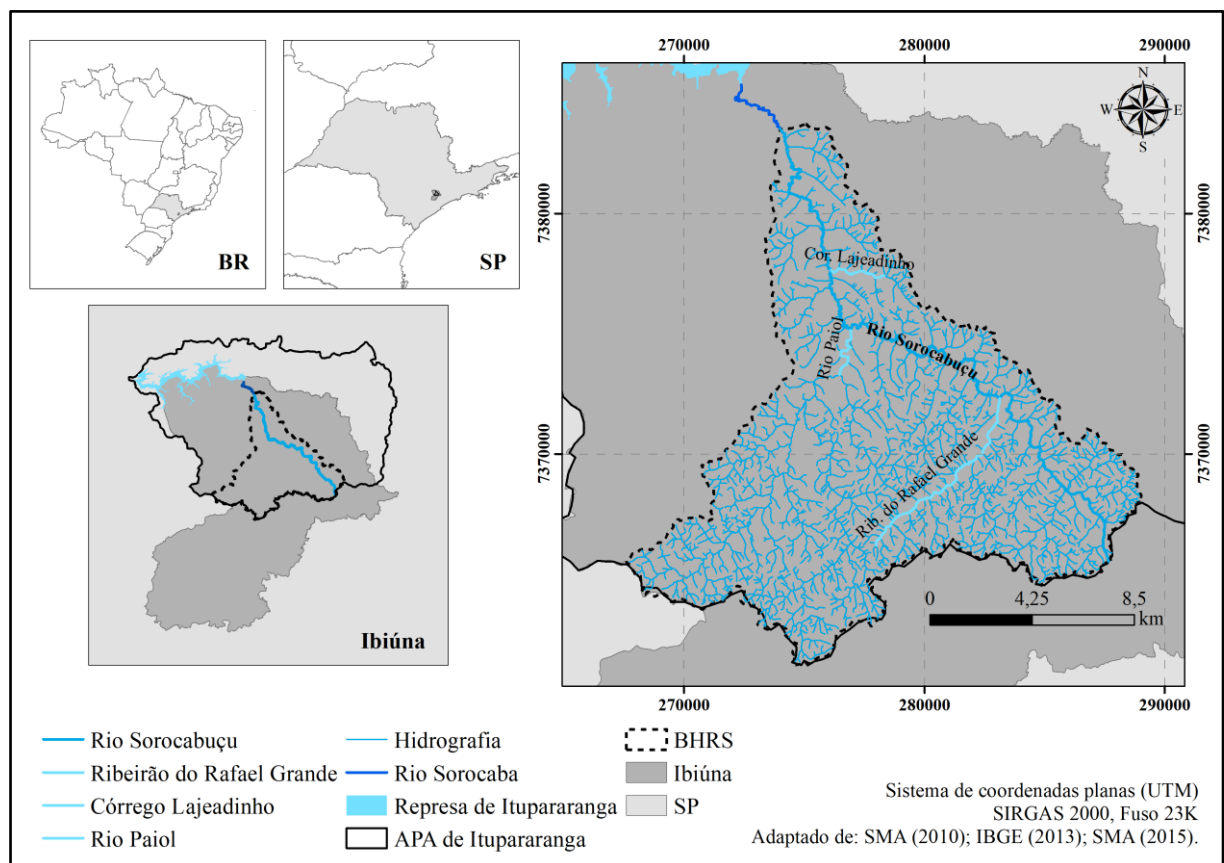
- Elaborar a base cartográfica da área de estudo por meio de cartas topográficas;
- Mapear o uso da terra da área de estudo para os anos de 2010 e 2019;
- Mapear as áreas com viabilidade para estabelecimento de conectividade florestal por meio de AHP, utilizando informações sobre declividade, APP, métricas de paisagem, Uso do Solo e Cobertura Vegetal, Capacidade de Uso da Terra e Índice de Exposição Antrópica;
- Aplicar o módulo REDD para predição de cenários futuros;
- Analisar o potencial de emissão de GEE dos diferentes cenários futuros.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

Inserida na Décima Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHI 10), a BHRS está localizada no município paulista de Ibiúna (Figura 4) e possui área de 202,68 km². O rio principal dessa área de drenagem se estende por mais de 30 km e tem como contribuintes Ribeirão do Rafael Grande, Córrego do Lajeado e Rio Paiol.

Figura 4 – Localização da área de estudo



Fonte: autoria própria.

Essa bacia hidrográfica está completamente inserida na Área de Preservação Ambiental (APA) de Itupararanga. O Rio Sorocabaçu é um dos afluentes do Rio Sorocaba, um dos principais contribuintes de um reservatório homônimo à APA (PEDRAZZI *et al.*, 2014). A represa de Itupararanga possui área de drenagem de 936,51 km² é um dos principais mananciais para captação de água para abastecimento da região, uma vez que é responsável por 63% da

água destinada para municípios da região (com cerca de 800.000 habitantes), além de ser utilizado para geração de energia elétrica (PEDRAZZI *et al.*, 2014; ROSA *et al.*, 2015).

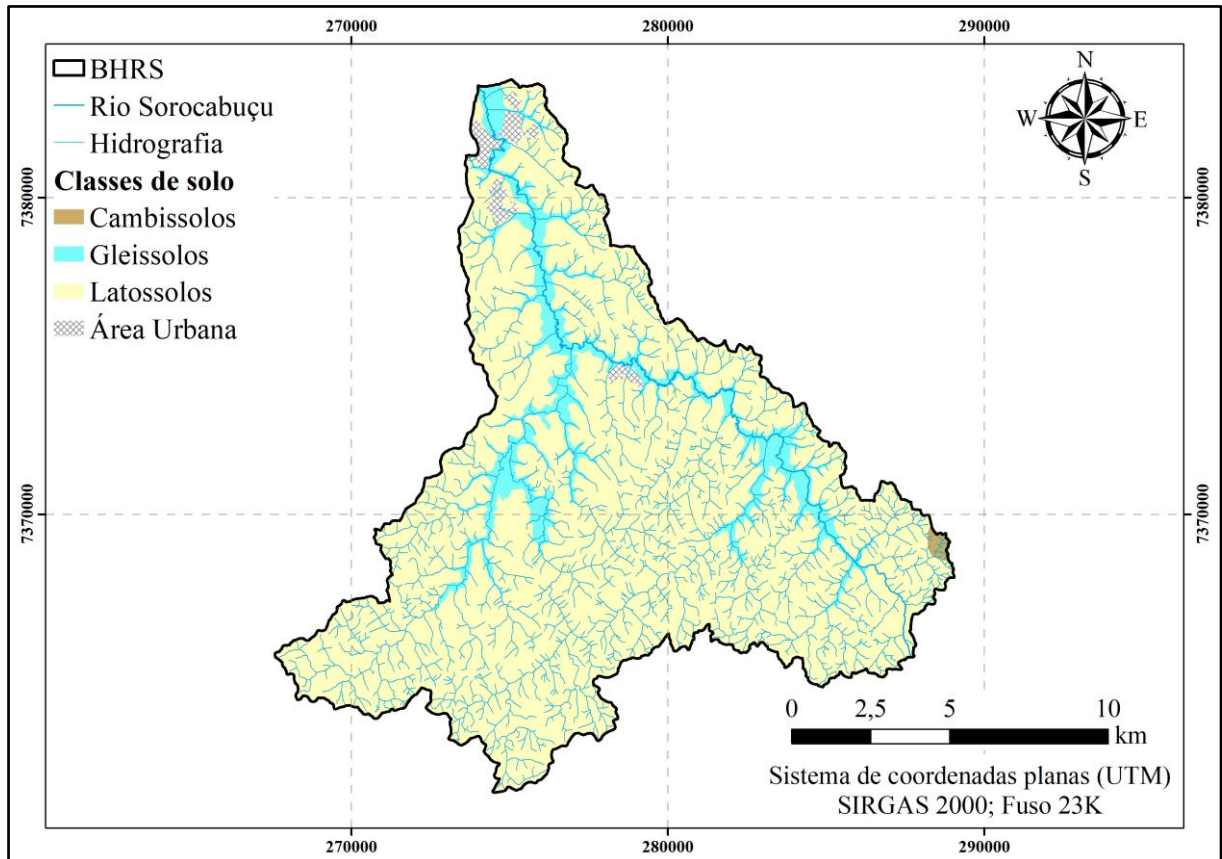
A partir da classificação de Köppen, o clima da região é entre 50 e 80% do tipo Cwa, ou seja, subtropical com verão úmido e inverno seco (DUBREUIL *et al.*, 2017). A pluviosidade média na área é de cerca de 1300 mm, da qual 214,9 mm é a média do período chuvoso (janeiro) e 40 mm a precipitação média de agosto, período seco (CEPAGRI, 2018). No verão, a região tem temperatura média de 25 °C e na estação seca as médias de temperatura são de 18 °C (CIIAGRO, 2015a; CIIAGRO, 2015b).

Em 2007, foram definidas áreas prioritárias para a conservação da Biodiversidade Brasileira pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). Dentre as áreas apontadas pelo órgão ambiental federal, duas estão inseridas na região de estudo: Morro Grande e Serra do Mar Planalto (MMA, 2007). A Reserva Florestal do Morro Grande constitui-se de um dos maiores remanescentes florestais do Planalto Atlântico paulista (METZGER *et al.*, 2006). A Serra do Mar Planalto insere-se em um Parque Estadual homônimo, que contribui com a conservação de 19% das espécies de vertebrados do Brasil e 46% de toda a Mata Atlântica (SMA, 2014).

A área de estudo insere-se no bioma Mata Atlântica. A fitofisionomia presente no local é a de Floresta Ombrófila Densa do tipo Montana, cuja estrutura florestal é representada por espécimes finos e com casca grossa e rugosa, folhas pequenas e de consistência coriácea (VIDAL *et al.*, 2007; FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2009; IBGE, 2012).

Na Figura 5 apresenta-se o Mapa de Solos da área de estudo, onde é possível observar a presença das classes Latossolo, Gleissolo e Cambissolo. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999), os Latossolos são os solos de maior ocorrência no território brasileiro. São solos antigos, profundos e associados, normalmente, a relevos planos e, suave ondulado. Por essa característica de geomorfologia e profundidade, os Latossolos possuem bom potencial para utilização agrícola (EMBRAPA, 1999).

Figura 5 – Mapa de Solos da BHRS



Fonte: adaptado de Rossi (2017).

Os Gleissolos são solos hidromórficos, com lençol freático próximo à superfície (EMBRAPA, 1999). Esse excesso de água limita a utilização desse tipo de solo para fins agrícolas, devido a frequentes riscos de inundação e alagamentos (EMBRAPA, 1999). Na BHRS, os Gleissolos se estenderam junto ao rio principal e importantes afluentes.

Os Cambissolos foram observados apenas em uma pequena porção a sudeste da área de estudo. Constituem solos bem drenados, rasos a profundos, normalmente associados a relevos ondulados a montanhosos, apesar de ocorrerem também em áreas de baixada (EMBRAPA, 1999). Quanto ao uso agrícola, esses solos possuem limitações quanto ao relevo e, com isso, suscetibilidade à erosão (EMBRAPA, 1999).

A BHRS também possui áreas classificadas como urbana. Esses locais tiveram modificação antrópica (impermeabilização, por exemplo) e, com isso, sua classificação pedológica não foi realizada.

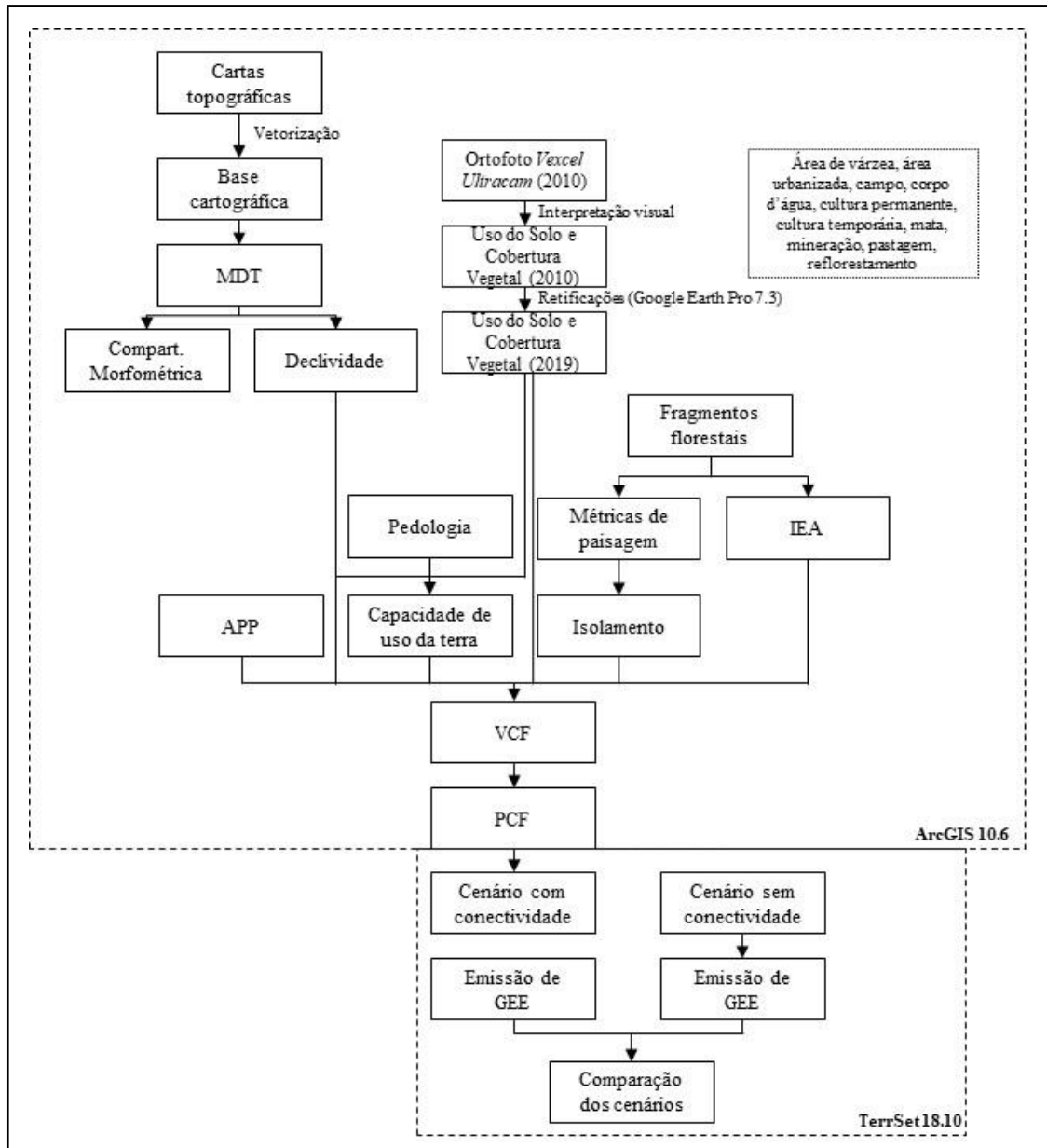
4.2 Materiais

- Cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), em escala 1: 10.000;
- Ortofoto do sensor *Vexcel Ultracam* com resolução espacial de 0,45 m do IGC;
- Macrozoneamento de Ibiúna, instituído pela Lei Municipal nº 1.236/2006, em formato .PDF (escala 1: 150.000);
- Mapeamento Pedológico do Estado de São Paulo do IGC (escala 1: 250.000);
- *Software* ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017);
- *Software* Google Earth Pro 7.3 (GOOGLE LLC, 2019);
- *Software* TerrSet 18.10 (CLARK LABS, 2018);
- Extensão *Patch Analyst* do ArcGIS 10.6 (REMPEL; KAUKINEN; CARR, 2012).

4.3 Métodos

A seguir é mostrado o fluxograma dos procedimentos metodológicos para esta pesquisa (Figura 6).

Figura 6 – Fluxograma de pesquisa



Fonte: autoria própria.

4.3.1 Elaboração da base cartográfica

A partir da vetorização de cartas topográficas do em escala 1: 10.000 do município de Ibiúna no ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017), foram obtidas informações planimétricas (hidrografia e malha viária) e altimétricas (curvas de nível e pontos cotados) da área de estudo. As cartas topográficas estão na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) Fuso 23K, Datum Horizontal Córrego Alegre/MG e Datum Vertical Marégrafo de Imbituba/SC, meridiano central

de 45° (IGC, 1979). A Figura 7 apresenta a articulação dessas cartas topográficas, obtidas em meio digital do IGC.

Figura 7 – Articulação das cartas topográficas usadas na elaboração da base cartográfica

		SF-23-Y-C-V-2-SO-B 094/097 A		
	SF-23-Y-C-V-2-SO-C 095/096 B		SF-23-Y-C-V-2-SO-D 095/097 C	
	SF-23-Y-C-V-2-SO-E 096/096 D		SF-23-Y-C-V-2-SO-F 096/097 E	SF-23-Y-C-V-2-SE-E 096/098 F
SF-23-Y-C-V-3-NE-B 097/095 G		SF-23-Y-C-V-4-NO-A 097/096 H	SF-23-Y-C-V-4-NO-B 097/097 I	SF-23-Y-C-V-4-NE-A 097/098 J
SF-23-Y-C-V-3-NE-D 098/095 K		SF-23-Y-C-V-4-NO-C 098/096 L	SF-23-Y-C-V-4-NO-D 098/097 M	SF-23-Y-C-V-4-NE-C 098/098 N
	SF-23-Y-C-V-4-NO-E 099/096 O			

Fonte: autoria própria.

Legenda: A- Bairro Votorantim; B- Bairro do Capim Azedo; C- Bairro do Lajeado; D- Bairro do Cupim; E- Bairro Sorocabaçu; F- Bairro do Pedroso; G- Bairro do Lajeado; H- Bairro do Piaí; I- Bairro do Boava; J- Bairro do Verava; K- Bairro do Itaguapeva; L- Bairro do Murundu; M- Sítio Paiol Velho; N- Bairro dos Grilos; O- Ribeirão das Vargens.

Após a digitalização, as informações planialtimétricas da base cartográfica da bacia hidrográfica foram georreferenciadas para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), sistema geodésico de referência para o Brasil (IBGE, 2017). As malhas viária e hídrica foram retificadas por meio do Google Earth Pro 7.3 (GOOGLE LLC, 2019).

Essas informações planialtimétricas foram base para geração de outros produtos cartográficos. O Modelo Digital de Terreno (MDT) foi gerado a partir da interpolação de dados de curvas de nível e pontos cotados pela Rede Irregular Triangular (TIN – em inglês *Triangulated Irregular Network*), por meio da ferramenta *Create TIN* no ArcToolBox do ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017). A partir do MDT, foi possível extrair o perfil topográfico longitudinal da bacia hidrográfica (referente ao seu eixo principal, definido como o que possui nascente no ponto mais alto da área, delimitado por uma linha imaginária). A ferramenta *3D Analyst* foi utilizada para obtenção desse produto, que permitiu a compartimentação morfométrica da bacia hidrográfica (alto, médio e baixo cursos), para fins de análise espacial dos dados.

A declividade do terreno foi gerada sobre as informações do MDT por meio da ferramenta *Slope* também do ArcToolBox do ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017). O produto foi classificado de acordo com Salomão (2012), que estabelece classes de declividade e assim classifica o relevo (Quadro 3).

Quadro 3 – Classes de declividade e respectivas classes de relevo

Declividade (%)	Relevo
0 – 6	Plano
6 – 12	Suave-ondulado
12 – 20	Ondulado
20 – 40	Forte-ondulado
> 40	Montanhoso

Fonte: Adaptado de Salomão (2012).

4.3.2 Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal

Sobre uma composição cor verdadeira de uma ortofoto do sensor *Vexcel Ultracam* (resolução espacial de 0,45 m), referente a junho de 2010, foi elaborado o Mapa do Uso do Solo e Cobertura Vegetal. Essa imagem foi obtida gratuitamente e em formato digital (servidor Web Map Service - WMS) do IGC.

O método empregado para o mapeamento foi o de interpretação visual. Por meio dessa metodologia, as feições são identificadas por sua forma, tamanho, padrão, altura, sombreamento, tonalidade, textura, localização espacial e associação com demais elementos da

paisagem (NARUMALANI; HLADY; JENSEN, 2002; PANIZZA; FONSECA, 2011). O mapeamento foi realizado no *software* ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017). Foram feitas consultas às imagens do Google Earth Pro 7.3 como apoio ao mapeamento realizado (GOOGLE LLC, 2019).

As classes adotadas para o mapeamento foram definidas por meio de adaptação do Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), sendo elas: área de várzea, área urbanizada, campo, corpo d'água, cultura permanente, cultura temporária, mata, mineração, pastagem e reflorestamento.

O Mapa do Uso do Solo e Cobertura Vegetal referente ao ano de 2019 foi obtido pela retificação do produto de 2010, por meio consulta a série histórica de imagens disponíveis no *software* Google Earth Pro 7.3 (GOOGLE LLC, 2019).

4.3.3 Avaliação de métricas de paisagem

Foram selecionados os fragmentos florestais com área igual ou superior a 10 hectares (ha) para essa análise. Após a seleção, os fragmentos florestais foram identificados por meio de numeração aleatória.

As métricas avaliadas foram quanto ao tamanho, borda, forma e isolamento dos fragmentos florestais no ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017). A métrica de isolamento foi avaliada por meio da ferramenta *Near* do ArcToolBox. As demais métricas foram geradas por meio da extensão *Patch Analyst* (REMPEL; KAUKINEN; CARR, 2012). O Quadro 4 traz informações sobre as métricas de paisagem avaliadas e seus respectivos equacionamentos. Quanto ao tamanho, foi avaliada a Área dos Fragmentos florestais (AF), dada em hectares, conforme a Equação 3. Esses fragmentos foram classificados quanto à área de acordo com Santos *et al.* (2017), em médio (área entre 10 e 50 ha), grande (área entre 50 e 100 ha) e muito grande (área superior a 100 ha).

Quadro 4 – Métricas de paisagem, respectivas unidades de medida e equacionamentos

Variáveis	Métrica de paisagem (unidade de medida)	Equação
Tamanho	Área do Fragmento Florestal – AF (ha)	$\sum_{i=1}^n a_i$ (3)
Borda	Total de Bordas – TB (m)	$\sum_{i=1}^n p_i$ (4)
	Densidade de Borda – DB (m/ha)	TB/AF (5)
Forma	Índice de Forma Médio – IFM (adimensional)	$\frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i}}$ (6)
	Dimensão Fractal Média – DFM (adimensional)	$\frac{\sum_{i=1}^n (2 \cdot \log p_i / \log a_i)}{n}$ (7)
Isolamento	Vizinho Mais Próximo Médio – VMPPM (adimensional)	$\sqrt{(x_{f_i} - x_{f_j})^2 - (y_{f_i} - y_{f_j})^2}$ (8)

Fonte: adaptado de McGarigal; Marks (1995); Rempel; Kaukinen; Carr (2012).

Legenda: a_i e p_i correspondem à área e ao perímetro de cada feição avaliada. x_i e y_i são as coordenadas centrais do fragmento florestal analisado e x_j e y_j as de seu vizinho mais próximo. Nesse estudo, o número de fragmentos florestais considerados para geração dos índices (n) corresponde a 1, visto que cada métrica foi calculada para cada feição de vegetação avaliada, individualmente.

Com relação à borda, os índices avaliados foram de Total de Bordas (TB) e Densidade de Borda (DB). O TB é dado em metros e consiste na soma do perímetro da feição de vegetação avaliada, dado pela Equação 4. A DB, por sua vez, é dada em m/ha e consiste na razão entre o TB e a AF, conforme a Equação 5.

Quanto às métricas de forma, foram avaliados Índice de Forma Médio (IFM) e Dimensão Fractal Média (DFM), ambos adimensionais. O IFM é dado pela Equação 6 e consiste em uma medida que quanto mais próxima de 1, demonstra uma forma mais circular do fragmento florestal (REMPEL; KAUKINEN; CARR, 2012). A DFM, por sua vez, consiste em uma medida da complexidade da forma do fragmento florestal e varia entre 1 e 2, formas mais simples e complexas, respectivamente (REMPEL; KAUKINEN; CARR, 2012).

A métrica de isolamento avaliada foi a do Vizinho Mais Próximo Médio (VMPPM), Equação 8. Nela, é avaliada a distância do fragmento analisado ao mais próximo. Não há um intervalo definido para essa grandeza.

4.3.4 Índice de Exposição Antrópica dos Fragmentos Florestais

Proposto por Lourenço, Cunha e Silva e Sales (2014), o Índice de Exposição Antrópica (IEA) avalia a exposição de fragmentos florestais às classes de uso do solo e cobertura vegetal com as quais possuem contato (borda). Essa metodologia combina o Índice de Circularidade (IC) e o Índice de Efeito de Borda (IEB).

O IC (Equação 9) consiste em uma relação entre a área de um fragmento florestal e o seu perímetro, que permite analisar a características de circularidade e alongamento (VIANA; PINHEIRO, 1998; LOURENÇO; CUNHA E SILVA; SALES, 2014). O intervalo que compreende os valores do IC é de 0 a 1. O menor valor indica uma tendência a forma alongada, enquanto o número 1 reflete uma forma circular do fragmento florestal (LOURENÇO; CUNHA E SILVA; SALES, 2014).

$$IC = \frac{2 \cdot \sqrt{a_i \cdot \pi}}{p_i} \quad (9)$$

Legenda: IC: Índice de Circularidade; a_i : área do fragmento; p_i : perímetro do fragmento; i : identificação do fragmento avaliado.

Devido à fragmentação florestal e os usos antrópicos do solo, são demarcadas áreas de contato (bordas) entre os remanescentes de vegetação e os usos da terra adjacentes. Dessa forma, o IEB (Equação 10) determina o grau de fragilidade que um remanescente florestal está exposto de acordo com o uso do solo em sua vizinhança. Foram atribuídos pesos (Quadro 5) de acordo com o uso da terra adjacente a cada fragmento, seguindo a Equação 10 (LOURENÇO; CUNHA E SILVA; SALES, 2014).

$$IEB = \sum_{i=1}^n \frac{u_i \cdot p_{bi}}{p_i} \quad (10)$$

Legenda: IEB: Índice de Efeito de Borda; n : número de fragmentos do estudo; u_i : peso atribuído à classe de uso do solo e cobertura vegetal; P_{bi} : perímetro da borda do uso do solo e do fragmento florestal; p_i : perímetro total do fragmento; i : identificação do fragmento florestal avaliado.

Quadro 5 – Ponderação adotada no IEB

Classe	Peso
Área de várzea	0,1
Área urbanizada	1
Campo	0,3
Corpo d'água	0,1
Cultura Permanente	0,5
Cultura Temporária	0,8
Mata	0
Mineração	1
Pastagem	0,7
Reflorestamento	0,4

Fonte: adaptado de Amorim (2018).

O IEA combina o IEB e o IC pela média ponderada desses parâmetros de acordo com a sua contribuição de cada fator para a suscetibilidade dos fragmentos florestais (Equação 11). Esses procedimentos foram realizados na *Field Calculator* do ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017). No caso do IC, o número 1 indica maior exposição da parcela de vegetação e, para que ele seja corretamente abordado no IEA, será subtraído de 1.

$$IEA = \frac{((1 - IC) + 2 \cdot IEB)}{3} \quad (11)$$

4.3.5 Determinação de Áreas de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente (APP) constituem locais protegidos, cobertos por vegetação nativa ou não, cuja função é a preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica e da biodiversidade (BRASIL, 2012). A recomposição vegetal dessas áreas, além do respaldo legal, garante a proteção dos recursos hídricos e dos solos.

As APP foram delimitadas de acordo com o Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei Federal nº 12.651/2012: nascentes, hidrografia, lagos e declividade, conforme o Quadro 6.

Quadro 6 – Diretrizes para delimitação das APP da área de estudo

Tipo	Medida (unidade de medida)		APP
Nascentes	Raio (m)		50
Hidrografia	Largura (m)		
	Largura do rio (m)	< 10	30
		≥ 10 - 50	50
		≥ 50 - 200	100
		≥ 200 - 600	200
	≥ 600	500	
Lagos	Largura do entorno (m)		
	Área rural	Se área < 20 ha	50
		Se área > 20 ha	100
	Área urbana		30
Declividade*	Área (ha)		

Fonte: adaptado de Brasil (2012).

Legenda: *encostas ou partes destas com declividade superior a 45°.

As nascentes foram geradas por meio da ferramenta *Features Vertices to Points* do ArcToolBox do ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017). Para determinar as APP com relação à declividade foram selecionados os locais com inclinação acima de 45° a partir do produto gerado do MDT.

Para diferenciação das áreas rural e urbana, foram utilizadas informações do Macrozoneamento do município de Ibiúna. Instituído pela Lei Municipal nº 1.236/2006 (IBIÚNA, 2006), o Plano Diretor de Ibiúna possui um mapeamento de seu macrozoneamento em escala 1:150.000 (Anexo A). O arquivo, em formato PDF foi convertido para PNG e georreferenciado para, assim, se obter informações quanto ao ordenamento territorial municipal. Esses procedimentos foram realizados no ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017).

As APP foram geradas por meio da ferramenta *Buffer* do ArcToolBox do ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017), utilizando-se o Quadro 6 como referência para cada tipo de área de preservação. As APP foram extraídas do Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal tendo como classe de uso a referente a “Mata”. Este procedimento foi executado por meio da ferramenta *Clip* do ArcToolBox do ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017).

4.3.6 Determinação de Capacidade de Uso da Terra

A utilização indiscriminada das terras é uma das principais causas da degradação dos solos e sua perda de capacidade produtiva (PEREIRA, 2002; PEREIRA; TÔSTO, 2012). Com isso, a adoção de técnicas para auxílio da sustentabilidade na agricultura permite evitar problemas dessa natureza. Proposta por Lepsch *et al.* (1991), essa metodologia de determinação da Capacidade de Uso da Terra baseia-se na designação de grupos quanto à intensidade de uso das terras, designado em ordem decrescente pelas letras A, B e C, conforme o Quadro 7.

Quadro 7 – Grupos de capacidade de uso da terra e respectivos descritivos

Grupo	Destinação
A	Terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre.
B	Terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre;
C	Terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água.

Fonte: adaptado de Pereira e Tôsto (2012).

As informações utilizadas nesta pesquisa para a determinação da Capacidade de Uso da Terra foram: pedologia, declividade, uso do solo e APP da área de estudo (LEPSCH *et al.*, 1991; PEREIRA; TÔSTO, 2012; COSTA *et al.*, 2019). A Pedologia foi obtida do Mapeamento Pedológico do Estado de São Paulo, em escala 1: 250.000 (ROSSI, 2017). A BHRS apresenta áreas de Latossolos, Gleissolos e Cambissolos. As áreas classificadas como urbanas, de acordo com Rossi (2017), foram classificadas como de uso consolidado com relação à capacidade de uso da terra.

Os dados de declividade, classificados de acordo com o relevo (SALOMÃO, 2012), foram combinados com os dados pedológicos para determinação dos grupos de Capacidade de Uso da Terra (Quadro 8), por meio da ferramenta *Union* do ArcToolBox do ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017).

Quadro 8 – Grupos de capacidade da terra de acordo com os solos e declividade

		Solos			
		Cambissolos	Gleissolos	Latossolos	Área urbana
Declividade	0 – 3%	A	B	A	Uso consolidado
	> 3 – 6%	A	B	A	Uso consolidado
	> 6 – 12%	B	B	A	Uso consolidado
	> 12 – 20%	B	B	A	Uso consolidado
	> 20 – 40%	B	B	B	Uso consolidado
	> 40%	C	C	C	Uso consolidado

Fonte: adaptado de Salomão (2012) e Costa *et al.* (2019).

A partir das informações do Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal de 2019, classificaram-se as áreas urbanizadas e de mineração como uso consolidado. As áreas de Mata, por sua vez, foram classificadas como Grupo C. Por fim, as APP também foram enquadradas na categoria C de capacidade de uso da terra (Quadro 9).

Quadro 9 – Agrupamento da capacidade de uso da terra de acordo com o uso do solo e cobertura vegetal e APP

	Classes	Grupo
Uso do solo e cobertura vegetal	Área urbanizada	Uso consolidado
	Mata	C
	Mineração	Uso consolidado
APP	Nascentes	C
	Rios	C
	Lagos	C
	Declividade	C

Fonte: adaptado de Costa *et al.* (2019).

Os procedimentos de classificação quanto à Capacidade de Uso da Terra foram realizados no ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017) por meio de operações com a *Field Calculator* das tabelas de atributos das feições.

4.3.7 Mapeamento da Viabilidade a Conectividade Florestal

A Mata Atlântica apresenta-se em uma paisagem antropogênica, distribuída em fragmentos florestais isolados. A delimitação de locais para estabelecimento de conectividade florestal permite avaliar possíveis locais para restabelecimento do fluxo gênico entre os remanescentes florestais desse bioma e, com isso, sua conservação em um cenário de antropização das terras.

A partir da adaptação da metodologia de Santos *et al.* (2018), foi realizado o estabelecimento de locais com Viabilidade a Conectividade Florestal (VCF) considerando os seguintes critérios: declividade, APP, métrica de paisagem (VMPM), Uso do Solo e Cobertura Vegetal, Capacidade de Uso da Terra e IEA. Para estabelecimento dos pesos de foi utilizada a técnica de AHP, que demandou uma comparação pareada dos critérios quanto à sua importância para a conectividade, de acordo com o Quadro 10.

Quadro 10 – Matriz de comparação pareada para estabelecimento do VCF

	Declividade	APP	VMPM	Uso do Solo e Cobertura Vegetal	Capacidade de Uso da Terra	IEA
Declividade	1	1/3	1/5	1/9	1/8	1/4
APP	3	1	1/3	1/5	1/4	1/2
VMPM	5	3	1	1/3	1/2	2
Uso do Solo e Cobertura Vegetal	9	5	3	1	2	4
Capacidade de Uso da Terra	8	4	2	1/2	1	5
IEA	4	2	1/2	1/4	1/5	1

Fonte: adaptado de Santos *et al.* (2018).

4.3.8 Proposta de Conectividade Florestal

A partir dos resultados obtidos do mapeamento da VCF, foi feita uma Proposta de Conectividade Florestal (PCF). Para tanto, foi utilizada a ferramenta *Cost Connectivity* do ArcToolBox do ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017) para delimitação de locais para conexão entre fragmentos florestais da BHRS.

Para determinação da largura dos locais de conectividade, utilizou-se como diretriz a Resolução CONAMA nº 09/1996. Nesse documento fica estabelecido que a largura das faixas de conectividade deve possuir 10% de seu comprimento ou, no mínimo, 100 m. Essas faixas foram delimitadas por meio da ferramenta *Buffer* do ArcToolBox do ArcGIS 10.6 (ESRI, 2017).

4.3.9 Implementação de projeto REDD e análise de gases de efeito estufa

Para demonstrar a importância da PCF, foi realizada uma simulação de emissão de GEE numa projeção de 30 anos da BHRS a partir da delimitação de locais para conectividade florestal, no *software* TerrSet 18.10 (CLARK LABS, 2018). Na aplicação, por meio da ferramenta REDD do módulo *Land Change Modeler* (LCM), foram realizadas estimativas a partir da definição da área do projeto (faixas de conectividade florestal e fragmentos florestais selecionados previamente) e dados sobre estoque de carbono.

Os índices de estoque de carbono acima e abaixo do solo (AB e BE, respectivamente) foram necessários para tal modelagem. Destaca-se a escassez de dados dessa natureza para o território brasileiro (CARDOSO *et al.*, 2012). Os valores de AB foram tomados a partir do estabelecido pelas Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do IPCC (2006), conforme o Quadro 11.

Quadro 11 – Estimativas de estoque de carbono AB das classes mapeadas

Classe de Uso do Solo e Cobertura Vegetal	AB (tC/ha)
Área de várzea	2,3
Área urbanizada	0,5
Campo	2,3
Corpo d'água	0,5
Cultura Permanente	50
Cultura Temporária	16,1
Mata	300
Mineração	0,5
Pastagem	1,97
Reflorestamento	250

Fonte: adaptado de IPCC (2006).

Os usos antrópicos do solo possuem influência nos estoques de carbono AB, visto que possuem menor estoque com relação às áreas menos alteradas. Com relação ao carbono BE, essa variável também é influenciada pelos usos do solo e cobertura vegetal, pois locais com cobertura vegetal possuem componentes como raízes, por exemplo. Para a estimativa de BE, utilizou-se a equação de Cairns (CAIRNS *et al.*, 1997), cuja variável independente é AB (Equação 12).

$$BE = \exp(-1,0850 + 0,9256 \cdot \ln(AB)) \quad (12)$$

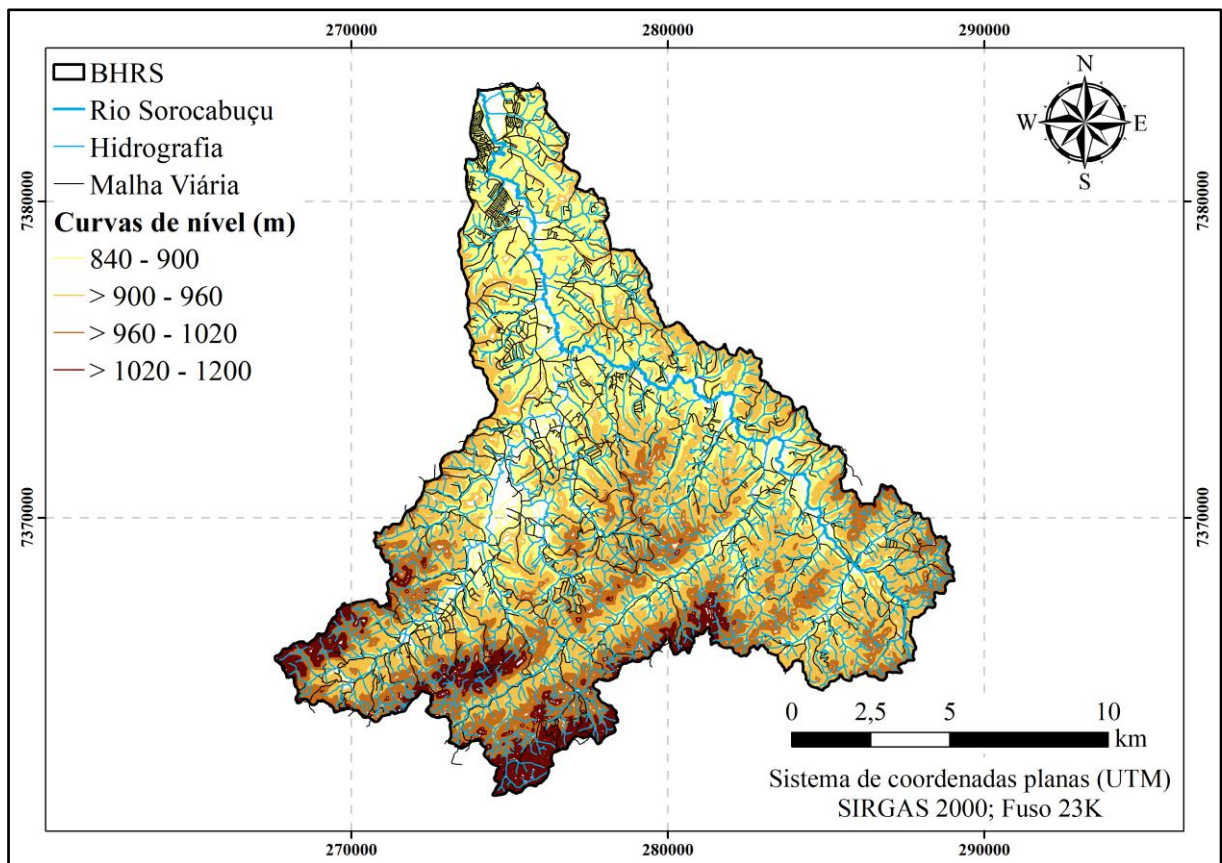
Nas análises de emissões de GEE, foram consideradas apenas as de CO₂. Por fim, foi necessário informar a taxa de sucesso da simulação de implementação do projeto REDD entre os anos de 2019 e 2049. Foi estabelecido um índice de 80% de efetividade nos primeiros quatro anos de projeto, 85% entre 2025 e 2029 e 90% nos demais anos, conforme as configurações padrão do *software* (CLARK LABS, 2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Elaboração da base cartográfica

A Figura 8 apresenta o Mapa Base da Área de Estudo mostrando a vetorização das informações planimétricas e da altimetria do relevo. As curvas de nível variaram entre 840 e 1200 m, com equidistância de 5 m. A bacia hidrográfica, de acordo com Strahler, é de sexta ordem (CHRISTOFOLETTI, 1980). A hidrografia totalizou 719,27 km de extensão e possui um padrão dendrítico, com ângulo de confluência variável, assemelhando-se a ramos de árvores (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Figura 8 – Mapa base da área de estudo

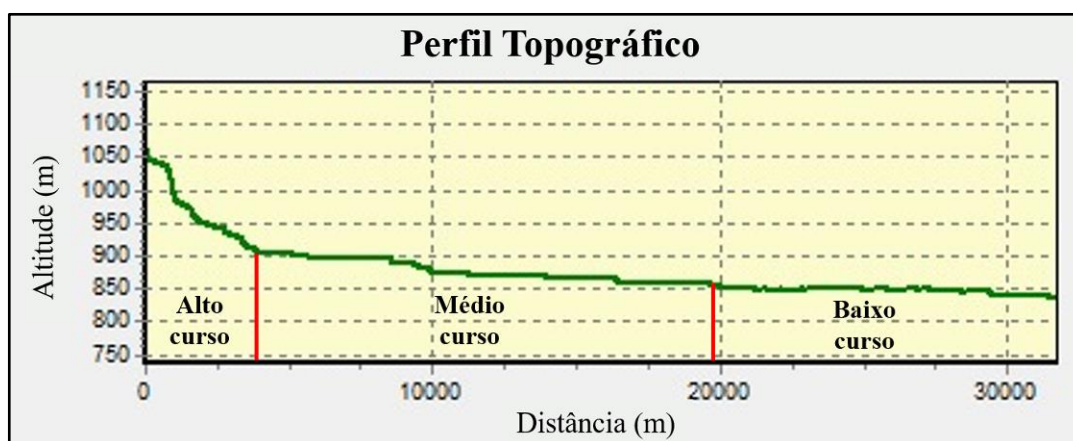


Fonte: autoria própria.

A malha viária possui 578,30 km. Foram observados tanto rodovia (Rodovia Bunjiro Nakao/SP-250), estradas de terra e ruas do município de Ibiúna. Além disso, foram vetorizados 1573 pontos cotados, inseridos na área de estudo.

O Perfil Topográfico da bacia hidrográfica é mostrado na Figura 9. O eixo principal totalizou cerca de 30 km de extensão. A variação de altitude total foi de 210 m, sendo 160 m entre o alto e o médio curso, enquanto entre o médio e o baixo foi de 50 m.

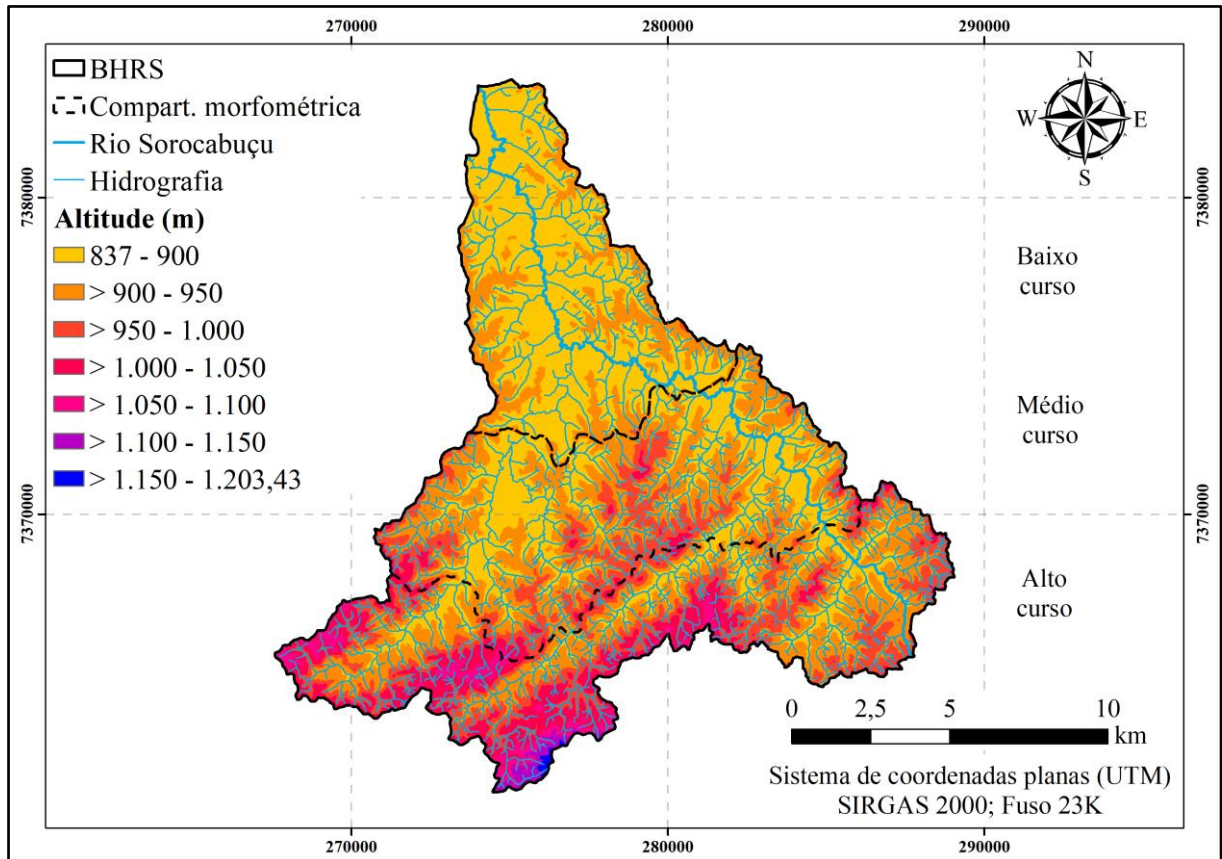
Figura 9 – Perfil Topográfico longitudinal do eixo principal da área de estudo



Fonte: autoria própria.

A Figura 10 apresenta o Mapa de Hipsometria do Relevo e a compartimentação morfométrica da bacia hidrográfica. A altitude da área de estudo variou entre 837,02 e 1.203,34 m.

Figura 10 – Mapa de hipsometria do relevo

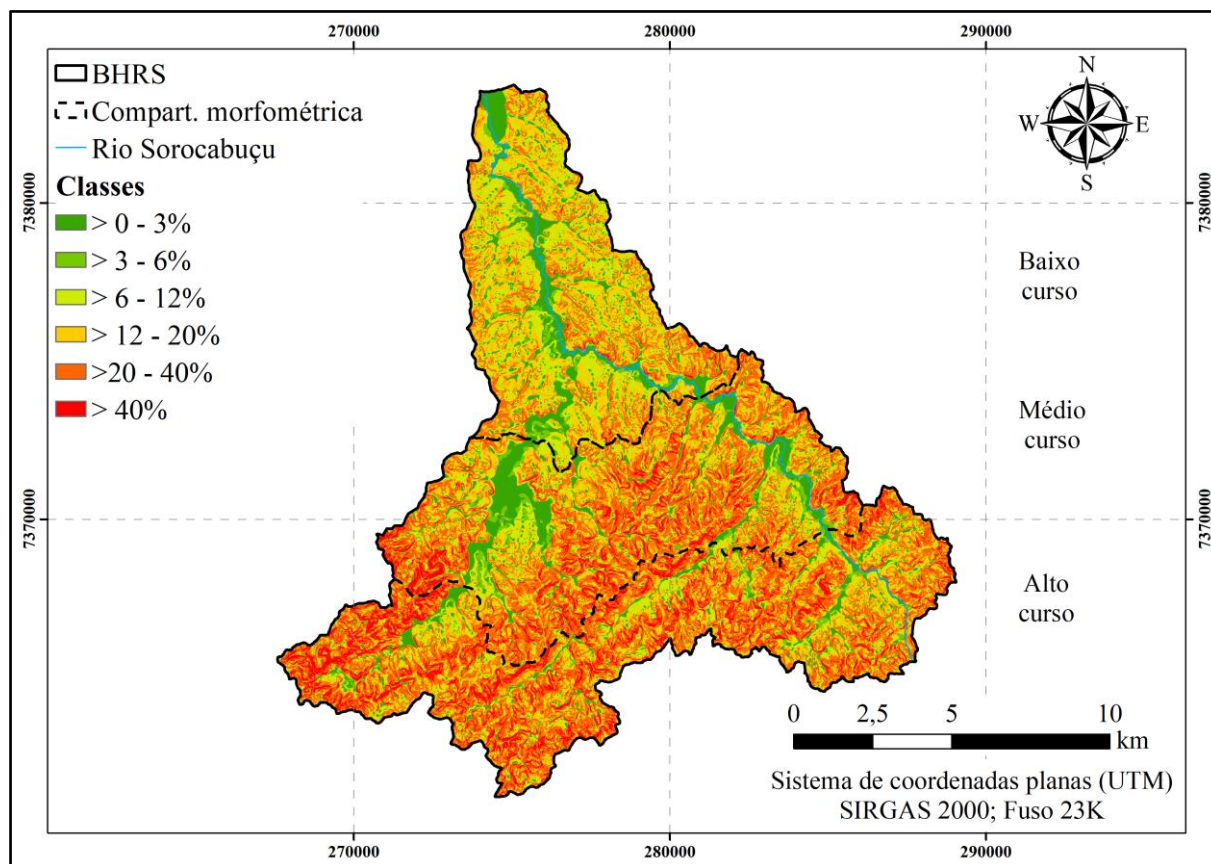


Fonte: autoria própria.

A área do baixo curso (localizado ao norte da área de estudo) totalizou 55,51 km² e possui altitude média de 882,98 m. A localidade do médio curso possui área de 70,77 km², com altitude média de 917,11 m. Na porção mais ao sul da bacia hidrográfica, o alto curso somou 76,40 km² e possui altitude média de 960,81 m. Ao longo de toda a bacia hidrográfica, pode-se observar trechos com relevo mais plano até forte montanhoso.

As declividades da área de estudo mostraram no baixo curso média de 24,35%. No médio curso, por sua vez, a média de declividade observada foi de 20,30%. Por fim, no alto curso a declividade média foi de 13,14% (Figura 11).

Figura 11 – Mapa de Declividades



Fonte: autoria própria.

5.2 Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal

As áreas de várzea são aquelas sujeitas à inundação e que ocorrem, em sua maioria, adjacentes a corpos hídricos. Foram classificadas como “área urbanizada” as edificações rurais, urbanas e comerciais inseridas na área de estudo. A classe Campo, por sua vez, é representada por locais degradados, com ausência de vegetação e/ou presença de estrato herbáceo.

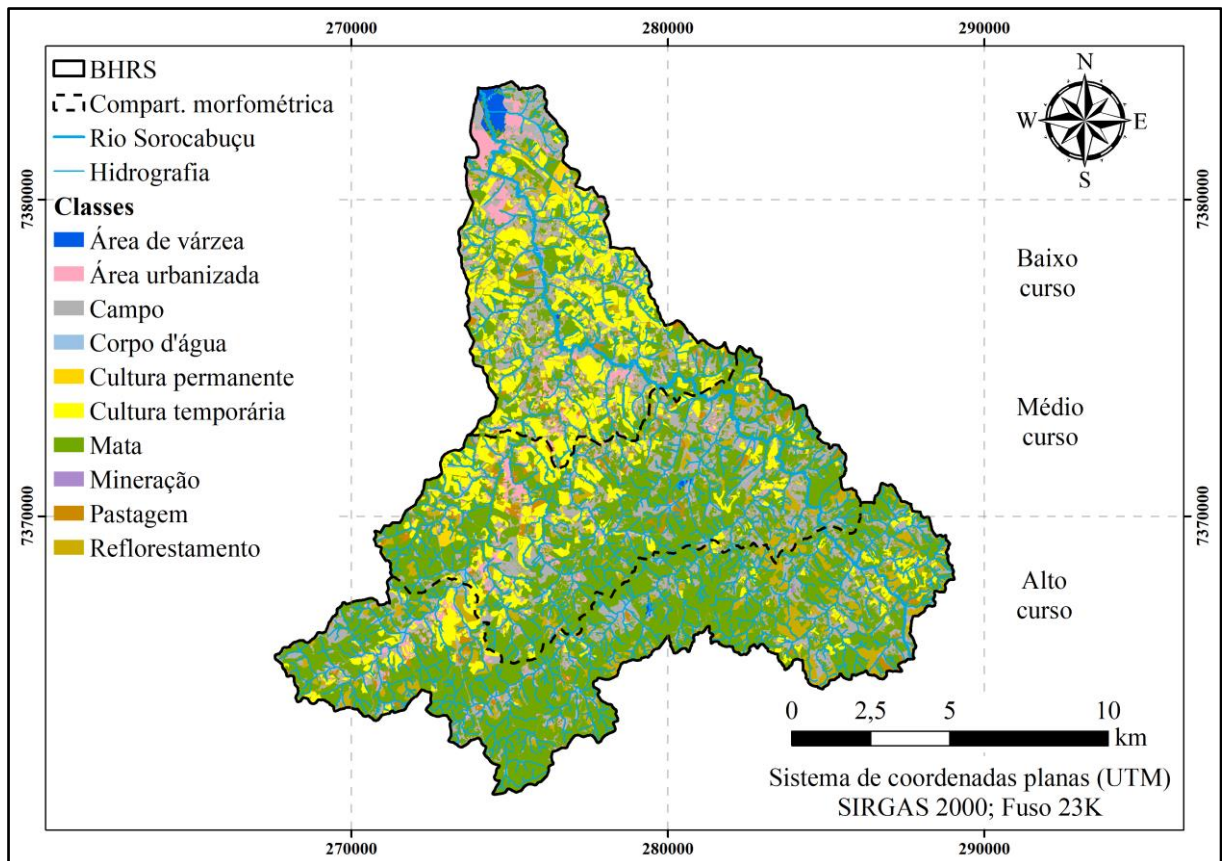
Na classe Corpos d’água foram mapeados rios, lagos, lagoas e reservatórios. Culturas permanentes são caracterizadas por espécies perenes e que não demandam novo plantio após a colheita, como laranjeiras, cafeeiros etc. Já a Cultura Temporária é a classe em que foram mapeados cultivos de plantas de curta ou média duração, com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixam o terreno disponível para novo plantio (grãos, cereais, tubérculos e hortaliças, por exemplo).

“Mata” é a classe que representa as áreas com formações florestais em seus mais diversos estágios sucessionais. A classe Mineração designou locais de exploração de substâncias minerais. As pastagens são locais destinados para criação animal (bovinos, suínos,

ovinos etc.). Reflorestamento consiste em locais com plantio de espécies florestais, nativas ou exóticas, homogêneos e com espécies exóticas como pinus e eucalipto.

A Figura 12 apresenta o Mapa do Uso do Solo e Cobertura Vegetal de 2010 e a Tabela 1 os valores de área das classes mapeadas.

Figura 12 – Mapa do Uso do Solo e Cobertura Vegetal do ano de 2010



Fonte: autoria própria.

A Figura 12 mostra que a classe com maior predominância foi de Mata em 2010, sendo 65%, 56% e 32% de vegetação que ocorreram no alto, médio e baixo curso respectivamente.

A Tabela 1 discrimina as ocorrências dos usos por classe em 2010.

Tabela 1 – Quantitativo do Uso do Solo e Cobertura Vegetal da BHRS no ano de 2010

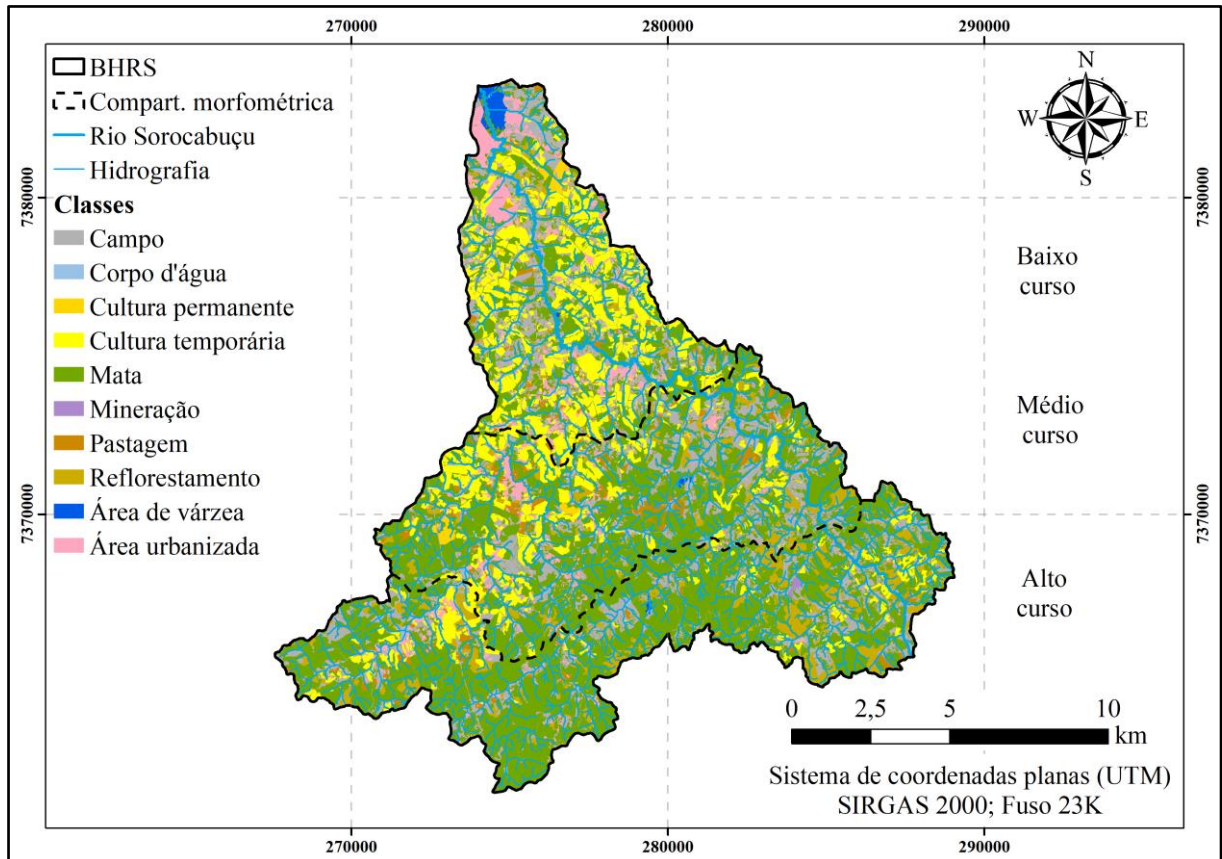
Classes	Área (setor)						Área (BHRS)	
	Baixo curso		Médio curso		Alto curso		(km ²)	(%)
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)		
Área de várzea	0,972	1,75	0,065	0,092	0,095	0,124	1,13	0,559
Área urbanizada	3,67	6,61	2,46	3,48	1,44	1,88	7,57	3,74
Campo	14,41	25,96	14,03	19,83	12,41	16,24	40,85	20,16
Corpo d'água	0,724	1,30	0,591	0,835	0,748	0,979	2,06	1,02
Cultura permanente	0,362	0,65	0,368	0,52	0,052	0,068	0,782	0,386
Cultura temporária	14,99	27,00	9,15	12,93	4,42	5,79	28,56	14,09
Mata	18,00	32,42	39,33	55,58	49,36	64,61	106,69	52,64
Mineração	0,000	0,00	0,000	0	0,025	0,033	0,025	0,012
Pastagem	0,865	1,56	1,70	2,40	0,970	1,27	3,535	1,74
Reflorestamento	1,52	2,74	3,07	4,34	6,88	9,01	11,47	5,66
Área (setor)	55,51	100	70,76	100	76,40	100	202,68	100

Fonte: autoria própria.

Os usos antrópicos do solo (área urbanizada, campo, cultura permanente, cultura temporária, mineração, pastagem e reflorestamento) totalizaram 64,52% no baixo do curso, frente aos 45,78% da área de estudo total. A maior antropização desse trecho deve-se muito às menores declividades observadas nessa área. O fato é de acordo com a Lei Federal nº 6.766/1979, por exemplo, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano. Segundo essa lei, fica vedada destinação à urbanização locais com declividades superiores a 30% (BRASIL, 1979).

A Figura 13 apresenta o Mapa do Uso do Solo e Cobertura Vegetal de 2019.

Figura 13 – Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da BHRS referente a 2019



Fonte: autoria própria.

Como em 2010, a classe Mata foi a com maior quantitativo em toda a área de estudo (51,53%). Também foi no alto curso a maior área percentual dentre os trechos da área (63,84%). Houve, porém, uma pequena redução desse percentual com relação ao período anterior, tanto na bacia hidrográfica quanto no alto curso, 1,11% e 0,77% respectivamente. De acordo com Salazar *et al.* (2016), o desflorestamento da Mata Atlântica resulta em mudanças nas interações solo-atmosfera, como temperatura de superfície, umidade (atmosférica e do solo), dinâmica de evaporação etc.

A Tabela 2 os valores de área das classes mapeadas.

Tabela 2 – Uso do Solo e Cobertura Vegetal (km²) da BHRS no ano de 2019

Classes	Área (setor)						Área (BHRS)	
	Baixo curso		Médio curso		Alto curso		(km ²)	(%)
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)		
Área de várzea	0,973	1,75	0,068	0,096	0,090	0,118	1,131	0,558
Área urbanizada	4,74	8,54	2,73	3,86	1,65	2,16	9,12	4,50
Campo	12,93	23,29	13,44	18,99	12,17	15,93	38,54	19,02
Corpo d'água	0,725	1,31	0,593	0,838	0,757	0,991	2,075	1,02
Cultura permanente	0,437	0,79	0,509	0,72	0,017	0,022	0,963	0,475
Cultura temporária	16,01	28,84	9,42	13,31	4,42	5,79	29,85	14,73
Mata	17,36	31,27	38,3	54,13	48,78	63,84	104,44	51,53
Mineração	0	0,00	0	0	0,120	0,157	0,120	0,059
Pastagem	0,888	1,60	2,00	2,83	1,09	1,43	3,978	1,96
Reflorestamento	1,45	2,61	3,70	5,23	7,31	9,57	12,46	6,15
Área (setor)	55,51	100	70,76	100	76,40	100	202,68	100

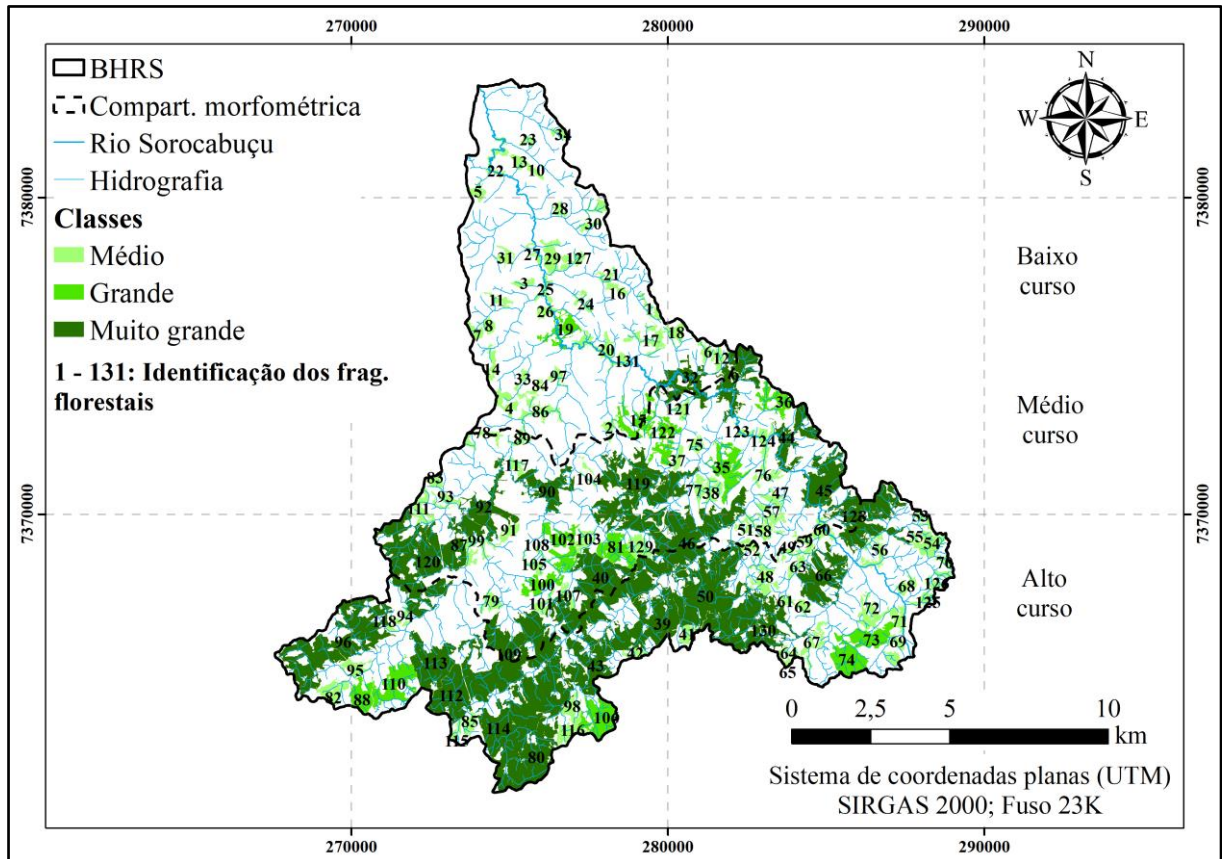
Fonte: autoria própria.

Quantificou-se 46,89% do uso antrópico do solo em 2019. No baixo curso, foram observados 65,67% de área destinada para as atividades humanas. Destaca-se o aumento da área destinada à mineração, com relação ao ano de 2010. A mineração é uma atividade econômica de alto impacto ambiental, tanto pela sua operação (utilização de maquinários pesados com alta demanda de energia, por exemplo), quanto pela degradação do ambiente em que está instalada, geração de resíduos, drenagem ácida de minas, supressão vegetal, exposição do solo a processos erosivos, alterações quanti-qualitativas nos recursos hídricos, etc (MECHI; SANCHES, 2012; FARJANA *et al.*, 2019).

5.3 Avaliação de métricas de paisagem

A Figura 14 apresenta o Mapa dos Fragmentos Florestais identificados na área de estudo.

Figura 14 – Mapa dos Fragmentos Florestais da área de estudo



Fonte: autoria própria.

Foram identificados 131 fragmentos florestais, acima de 10 ha, na área de estudo. Dentre eles, 95 foram classificados como Médio, 13 como Grande e 23 como Muito Grande. A maior quantidade de remanescentes florestais de menor área é um vestígio da fragmentação observada no local.

Quanto à compartimentação morfométrica da BHRS, no alto, médio e baixo curso, inserem-se 42, 37 e 34 fragmentos, respectivamente. No limite entre o alto e médio curso estão 11 fragmentos florestais. Já na fronteira entre o baixo e o médio curso, 7 remanescentes florestais estão inseridos. Os fragmentos florestais com maior área estão inseridos no médio e no alto curso da bacia hidrográfica.

A Tabela 3 apresenta os resultados das médias das métricas de paisagem avaliadas nos fragmentos florestais analisados, de acordo com sua classificação quanto ao tamanho. A avaliação completa consta no Apêndices A.

Tabela 3 – Médias das métricas de paisagem avaliadas nos setores da BHRS

Setor	AF (ha)	TB (m)	DB (m/ha)	IFM	DFM	VMPM (m)
Baixo	26,97	6491,58	0,71	3,43	1,40	99,89
Médio	85,69	12378,08	1,36	3,93	1,40	14,17
Alto	101,97	12446,28	1,37	3,67	1,38	8,55
Média	71,54	10438,64	1,15	3,68	1,39	40,87

Fonte: autoria própria.

Quanto a AF, os maiores remanescentes florestais estão localizados no alto curso da bacia hidrográfica, visto que esta área apresenta menor antropização. Conforme Rosoman (2015), remanescentes florestais com maiores extensões são habitats que garantem a proteção florestal de carbono e a viabilidade em longo prazo, se comparadas com áreas menores ou mais fragmentadas.

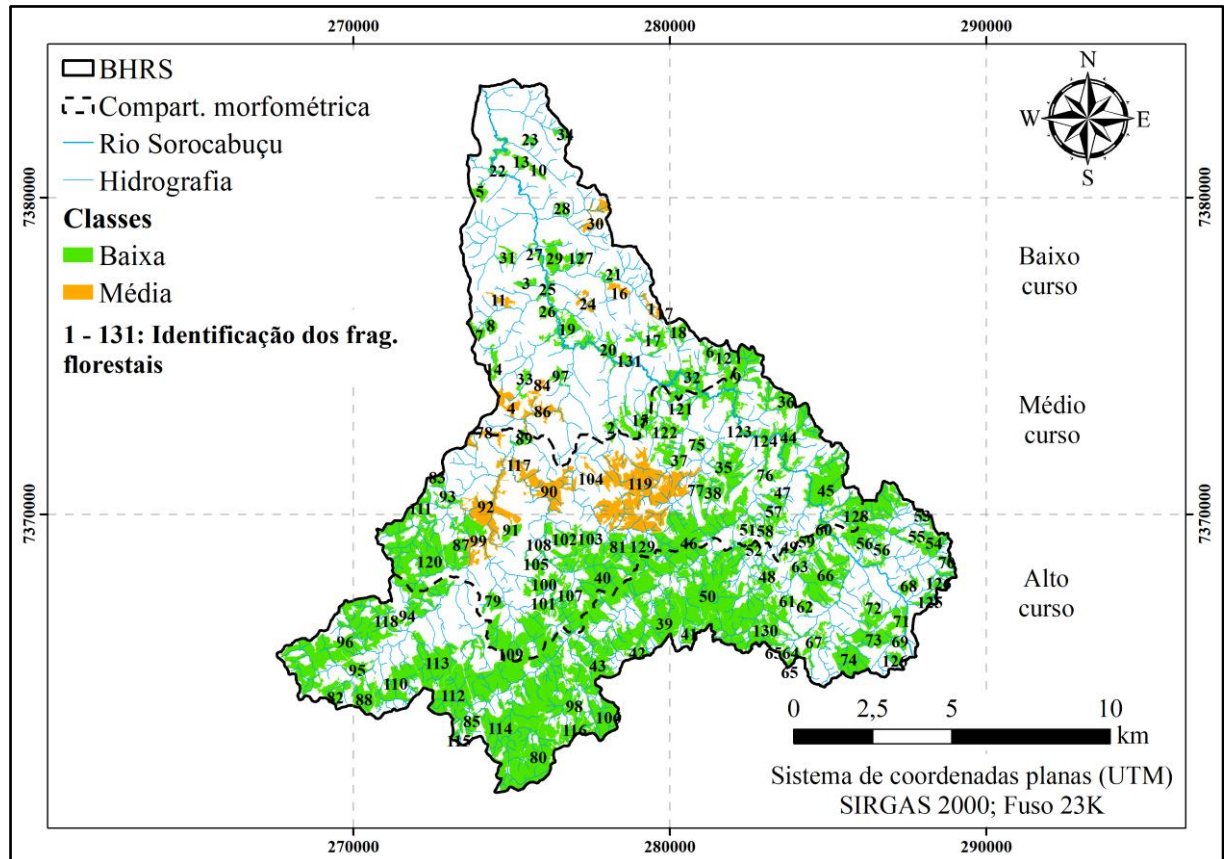
As métricas de borda (TB e DB) foram maiores também no alto curso, muito devido às maiores áreas observadas nos remanescentes florestais desse trecho. Sobre as métricas de forma (IFM e DFM), nota-se que os fragmentos florestais do alto curso possuem indicativos de formas mais circulares. Segundo Viana, Tabanez e Martinez (1992), a forma de um fragmento afeta diretamente em sua diversidade biológica e sustentabilidade florestal. Quanto mais arredondada sua área, menor sua borda e, portanto, menores os efeitos de borda.

Quanto à métrica de isolamento (VMPM), observa-se que os remanescentes florestais do baixo curso possuem maior distância entre si. Quanto maior o isolamento de um fragmento florestal, mais afetado fica seu fluxo gênico e sustentabilidade natural de populações, principalmente para espécies com baixa dispersão (VIANA; PINHEIRO, 1998; EWERS; DIDHAM, 2006; DALLOZ *et al.*, 2017).

5.4 Índice de Exposição Antrópica dos Fragmentos Florestais

A Figura 15 mostra o Mapa do IEA de acordo com a metodologia de Lourenço, Cunha e Silva e Sales (2014).

Figura 15 – Mapa do IEA dos fragmentos florestais avaliados na área de estudo



Fonte: autoria própria.

Os remanescentes florestais do alto curso foram todos classificados com baixo IEA. A Tabela 4 apresenta as médias do IEA e dos índices que os compõe. A avaliação completa consta no Apêndice B.

Tabela 4 – Médias do IC, IEB e IEA dos setores da BHRS

Setor	Nº de fragmentos	IC	IEB	IEA
Baixo	42	0,335	0,490	0,548
Médio	37	0,288	0,438	0,529
Alto	34	0,319	0,376	0,478
Média		0,31	0,43	0,52

Fonte: autoria própria.

A partir da Tabela 5, observa-se que o médio e o baixo curso incluem fragmentos florestais com maiores IEA. Isso se deve à maior fragmentação da floresta nesses trechos, bem como a utilização antrópica da terra nesses setores. Remanescentes florestais com maiores IEA

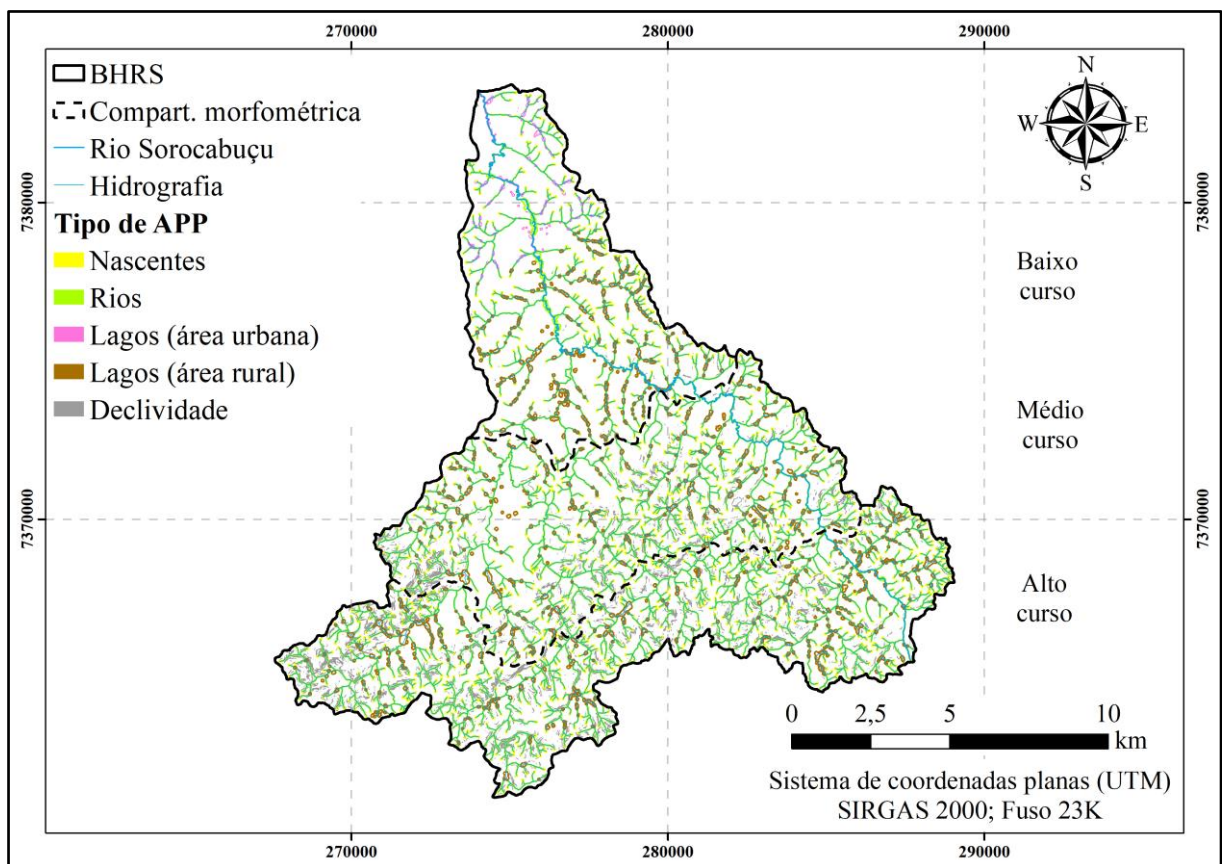
possuem limitações quanto ao crescimento, sucessão ecológica, manutenção e ações de conservação (LOURENÇO; CUNHA E SILVA; SALES, 2014; MAGALHÃES; LOPES; QUEIROZ, 2015).

Apesar dos fragmentos florestais do baixo curso terem apresentado maior IC (com relação aos demais setores da bacia hidrográfica), o IEB foi o maior dentre os demais trechos avaliados. Por receber maior importância no IEA, o IEB foi determinante para que a exposição antrópica fosse maior no baixo curso.

5.5 Determinação de Áreas de Preservação Permanente

A Figura 16 apresenta o Mapa de APP da BHRS. As informações estão classificadas de acordo com o tipo de APP mapeada (nascentes, rios, lagos de área urbana, lagos de área rural e declividade).

Figura 16 – Mapa de APP da BHRS



Fonte: autoria própria.

A Tabela 5 contempla as informações de área das APP, de acordo com os tipos estabelecidos na Lei nº 12.651/2012, bem como a área conservada nesses locais.

Tabela 5 – APP (km²) e suas áreas conservadas (km² e percentual), de acordo com seu tipo

Tipo	Total (km²)	Área conservada (km²)	Área conservada (%)
Nascentes	9,65	6,28	65,13
Rios	28,13	20,05	71,25
Lagos (área urbana)	0,999	0,446	44,62
Lagos (área rural)	13,83	6,12	44,27
Declividade	8,48	7,18	84,58
Total	61,09	40,07	65,59

Fonte: autoria própria.

Foram contabilizados 65,59% dos locais destinados a APP classificados como Mata, na BHRS. Comparado com a literatura, a área de estudo possui considerável cobertura vegetal em locais destinados para preservação, estabelecidos por legislação federal. Em análise semelhante, Nardini *et al.* (2015) quantificaram 78,65% das APP tendo cobertura vegetal na Bacia do Ribeirão Morro Grande, no município paulista de Bofete. Por outro lado, Santos *et al.* (2016) realizaram a quantificação das APP do Parque Nacional do Caparaó e sua Zona de Amortecimento, localizados no estado do Espírito Santo, inseridos no bioma Mata Atlântica, contabilizando apenas 18,47% das APP, o que demonstra estar muito fora do estabelecido pela legislação vigentes.

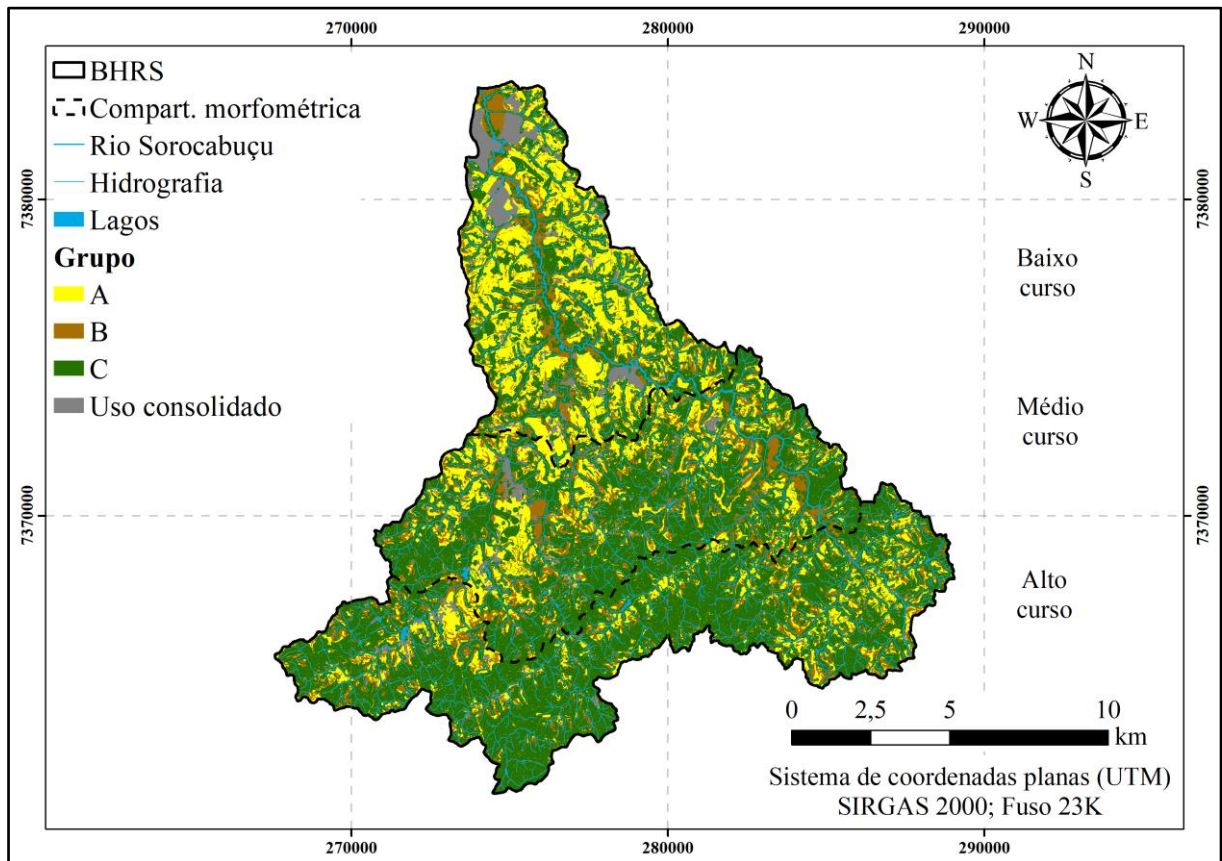
A APP possui grande importância ambiental, visto que permite a manutenção da conexão de extensões de florestas, regulação e recarga hídrica, contenção de erosão e manutenção da diversidade de espécies e endemismo (SANTOS *et al.*, 2016). Com isso, destaca-se a necessidade de ações de conservação e preservação nesses locais, além do aspecto legal.

5.6 Determinação de Capacidade de Uso da Terra

A Figura 17 apresenta o Mapa de Capacidade de Uso da Terra da BHRS. Nota-se o predomínio das áreas classificadas como Grupo A na porção baixa da bacia hidrográfica,

enquanto o alto curso apresentou mais locais classificados como Grupo C. Esse resultado é de acordo com o Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal de 2019 da área de estudo.

Figura 17 – Mapa de Capacidade de Uso da Terra da BHRS



Fonte: autoria própria.

A Tabela 6 apresenta os resultados em km² e percentual da capacidade de uso da terra da BHRS.

Tabela 6 – Áreas (km² e percentual) da capacidade de uso da terra da BHRS

Grupo	Área (km²)	Área (%)
A	39,42	19,45
B	26,07	12,86
C	125,20	61,77
Uso consolidado	9,92	4,89
Lagos	2,07	1,02
Total	202,68	100,00

Fonte: autoria própria.

Os Grupos A e B, junto ao uso consolidado, totalizam cerca de 40% da BHRS. Esse percentual, portanto, pode ser utilizado para fins antrópicos de maneira sustentável. Já as áreas classificadas como Grupo C representam aproximadamente 60% da área de estudo. Por se tratar de uma área com remanescentes florestais de Mata Atlântica, bioma de ímpar importância no contexto de biodiversidade (a nível mundial), a alta área destinada para fins de conservação é justificada (MYERS, 2000; COSTA *et al.*, 2017).

5.7 Mapeamento de Viabilidade a Conectividade Florestal

A partir da matriz de comparação pareada adotada (Quadro 10), foram definidos os pesos constantes na Tabela 7. A RC dessa ponderação foi de 8,7%, considerada adequada, pois foi inferior a 10% (SAATY, 2008; ANGELO *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2019).

Tabela 7 – Ponderação para o VCF resultante da AHP e seus parâmetros de confiabilidade

Critério	Peso
Declividade	0,029
APP	0,102
VMPM	0,091
Uso do Solo e Cobertura Vegetal	0,375
Capacidade de Uso da Terra	0,287
IEA	0,117
ICon	0,108
IR	1,24
RC	8,7%

Fonte: autoria própria.

O Quadro 12 apresenta ponderação atribuída para as diversas classes dos critérios adotados quanto a VCF. Sobre o critério de Uso do Solo e Cobertura Vegetal, receberam VCF Não Classificado (NC) as classes de referentes a atividades antrópicas construídas e de agricultura. As áreas de campo e de várzea foram classificadas como tendo média VCF, enquanto pastagem e reflorestamento têm baixa VCF.

Quadro 12 – Ordem de importância das classes dos critérios adotados na VCF

Critério	Classes	VCF
Uso do Solo e Cobertura Vegetal	Área urbanizada, cultura permanente, cultura temporária e mineração	NC
	Pastagem e reflorestamento	Baixa
	Área de várzea e campo	Média
	Mata	Alta
VMPM	> 231,79 m	Baixa
	38,70 – 231,79 m	Média
	0 – 38,70 m	Alta
IEA	Alta	Baixa
	Média	Média
	Baixa	Alta
APP	Nascentes, rios, lagos, declividade	Alta
Capacidade de Uso da Terra	Grupo A	Baixa
	Grupo B	Média
	Grupo C	Alta
	Uso consolidado e lagos	NC
Declividade	> 40%	Alta
	6 – 12%, 12 – 20%, 20 – 40%	Média
	0 – 3%, 3 – 6%	Alta

Fonte: autoria própria.

Quanto ao VMPM, os critérios foram estabelecidos por meio de parâmetros estatísticos. O primeiro limite definido consistiu na média subtraída do desvio-padrão duplicado (o que resultou em valor negativo, então considerou-se zero). O segundo limite foi a média (38,70 m). O terceiro limite definido foi da média somada ao desvio-padrão duplicado (231,79 m).

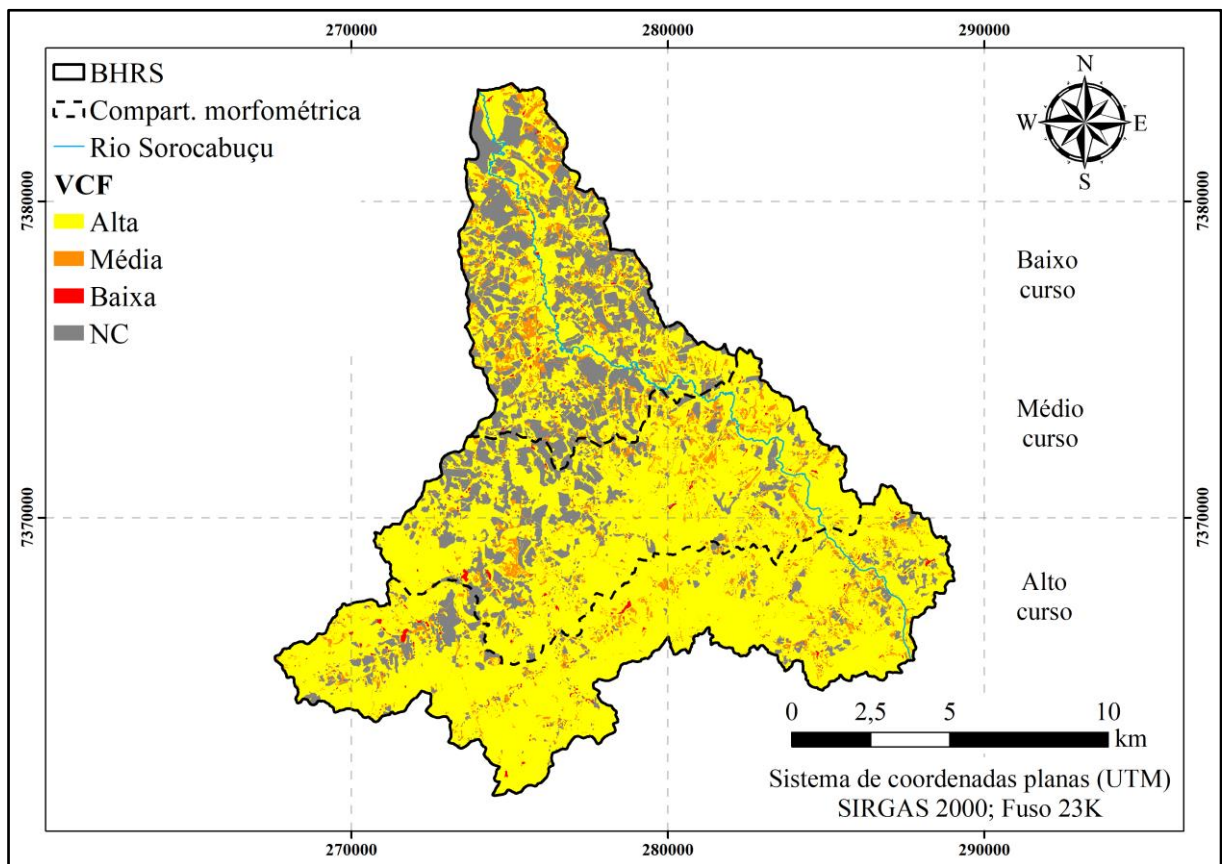
O IEA congregou informações de dois tipos de métricas de paisagem: forma e borda. Fragmentos florestas com alto IEA possuem diferentes tipos de usos do solo que afetam seu entorno, o que dificulta em seu desenvolvimento, sucessão ecológica e estabelecimento de conectividade florestal (LOURENÇO; CUNHA E SILVA; SALES, 2014). A lógica inversa é válida para fragmentos florestais com baixo IEA.

As APP, independentemente de seu tipo, foram estabelecidas como locais com alta VCF visto sua importância ecológica e respaldo legal (BRASIL, 2012; SANTOS *et al.*, 2016). Quanto à Capacidade de Uso da Terra, o uso consolidado ficou como NC. O Grupo C são áreas destinadas para fins de preservação, logo, possuem alto VCF. Os Grupos A e B foram classificados como baixo e médio VCF, visto sua aptidão à agricultura.

De acordo com Martins *et al.* (2014), acentuadas declividades (relevo montanhoso) sem cobertura vegetal favorecem os processos erosivos, que podem comprometer a sucessão ecológica. Por outro lado, áreas de relevo plano e suave-ondulado são mais adaptáveis a regenerações da vegetação. Por isso, ambas as classes foram classificadas com alta VCF. Já os locais com relevo ondulado e forte-ondulado foram classificados como média VCF de acordo com a declividade.

A Figura 18 apresenta o Mapa de VCF da BHRS.

Figura 18 – Mapa de VCF da BHRS



Fonte: autoria própria.

A quantificação das áreas (km² e percentual) de cada classe consta na Tabela 8.

Tabela 8 – Quantificação de área (km² e %) das diferentes classes de VCF

VCF	Área (km²)	Área (%)
Alta	144,82	71,45
Média	14,70	7,25
Baixa	2,37	1,17
NC	40,79	20,13
Total	202,68	100

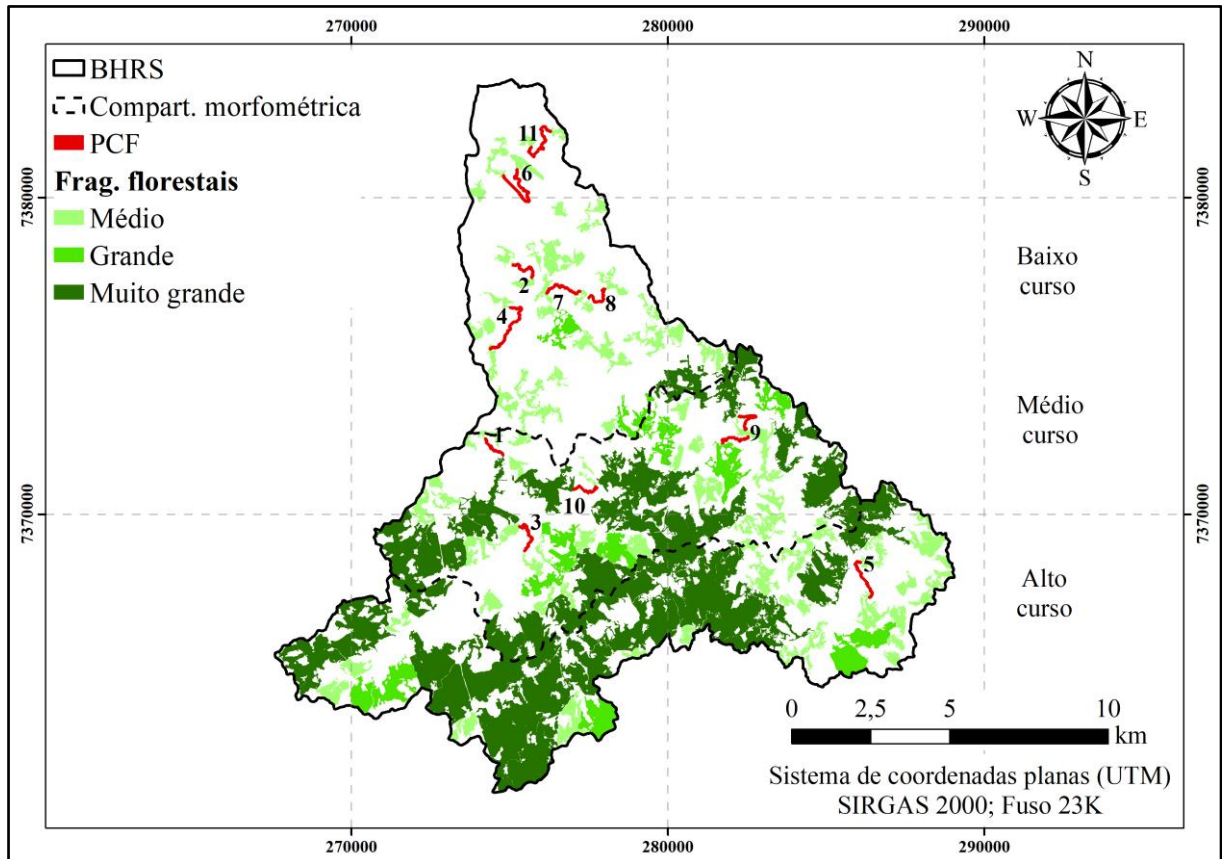
Fonte: autoria própria.

O mapa da Figura 18 mostrou uma quantidade elevada de áreas viáveis a realizar a conectividade (acima de 70%). Nota-se que de acordo com a metodologia proposta, a área de estudo possui predomínio de locais propícios para estabelecimento de conectividade florestal.

5.8 Proposta de Conectividade Florestal

Na Figura 19 consta o Mapa de PCF da área de estudo. É possível observar que foram delimitadas 11 faixas de conectividade florestal ao longo da bacia hidrográfica.

Figura 19 – PCF da BHRS



Fonte: autoria própria.

A largura das faixas de conectividade estabelecida ficou de acordo com o mínimo proposto pela Resolução CONAMA nº 09/1996, ou seja, 100 m. A adoção dessa medida foi devido à aplicabilidade da PCF, visto que se trata de uma área com grandes extensões de usos antrópicos do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Na Tabela 9 apresenta-se as áreas relativas a cada faixa de conectividade florestal a partir da metodologia proposta.

Tabela 9 – Área de cada faixa estabelecida com a PCF na BHRS

PCF	Área (km²)
1	0,0987
2	0,1252
3	0,1443
4	0,2493
5	0,1662
6	0,2788
7	0,1513
8	0,1189
9	0,2530
10	0,1088
11	0,2148
Total	1,91

Fonte: autoria própria.

Nota-se que as faixas 4, 6 e 9 são as de maior área. Com exceção da última, localizada no médio curso da BHRS, 4 e 6 estão no baixo setor da área de estudo. Destaca-se a importância de ações de conservação nesses setores da bacia hidrográfica, visto que neles a cobertura vegetal é menor e, principalmente, os fragmentos florestais neles inseridos possuem maior isolamento (conforme Tabela 3).

A partir disto, a Tabela 10 apresenta o quantitativo de classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal inscritos nas faixas de conectividade propostas a partir da PCF.

Tabela 10 – Área percentual do Uso do Solo e Cobertura Vegetal na PCF

PCF	Área (%)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Área de várzea	-	-		0,944	-	0,219	-	-	-	-	-
Área urbanizada	8,78	3,32	1,17	4,34	1,97	2,92	1,31	0,238	1,50	0,334	5,98
Campo	40,34	18,28	18,79	46,12	49,49	32,85	40,89	18,81	36,91	11,75	39,81
Corpo d'água	1,50	0,919	-	5,26	2,00	5,79	4,13	1,83	0,694	0,690	3,57
Cultura permanente	-	-	-	0,090	-	-	-	0,038	-	-	-
Cultura temporária	18,41	0,744	18,96	19,19	5,24	3,90	13,04	38,00	1,58	11,03	4,14
Mata	23,78	40,54	29,61	22,67	32,78	24,13	38,32	36,22	44,40	40,69	41,87
Pastagem	3,30	35,24	22,32	0,033	-	-	-	-	-	3,25	-
Reflorestamento	3,90	0,949	9,14	1,35	8,52	30,19	2,31	4,86	14,92	32,26	4,63
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: autoria própria.

A classe com maior percentual na PCF é a de Campo. Essas áreas, conforme já descritas, possuem presença de gramíneas que podem inibir o crescimento de espécies arbóreas, de acordo com Odum e Barret (2006). Porém, uma mínima intervenção nesses locais para a retirada dessa vegetação neles contidos seria bastante válida, visto que essas são áreas sem uso consolidado do solo (para se realizar ações de conservação florestal).

As áreas de Mata, também com representativo percentual entre as classes mapeadas na PCF, são representadas tanto pelos remanescentes florestais acima de 10 ha selecionados para a conectividade quanto os de menor extensão, que compõe a paisagem fragmentada da BHRS. De acordo com Viana e Pinheiro (1998), fragmentos florestais de menor extensão também podem conter alta biodiversidade e, portanto, serem bastante importantes num cenário de conservação florestal.

Também vale ressaltar o alto percentual de áreas de pastagem e cultura temporária em que se implementaria conectividade florestal. De acordo com Meira et al. (2016), atividades de agricultura e pecuária sustentáveis são muito importantes para a conservação e manutenção de uma área de conectividade florestal. Tais ações podem conter a erosão do solo e, conseqüentemente, evitar da degradação de corpos hídricos.

Medidas para estabelecimento de conectividade florestal na BHRS condizem com o estabelecido no Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Ibiúna (PMMA). Tendo a Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura da Estância Turística de Ibiúna (SEMA) como um dos elaboradores, esse documento objetiva buscar estratégias capazes de aliar conservação e recuperação da Mata Atlântica a práticas agrícolas sustentáveis, ao fortalecimento da capacidade de gestão pública, adotando mecanismos duradouros e equitativos de desenvolvimento econômico para os habitantes do município que vêm perdendo qualidade de vida com a degradação da Mata Atlântica (SEMA, 2018).

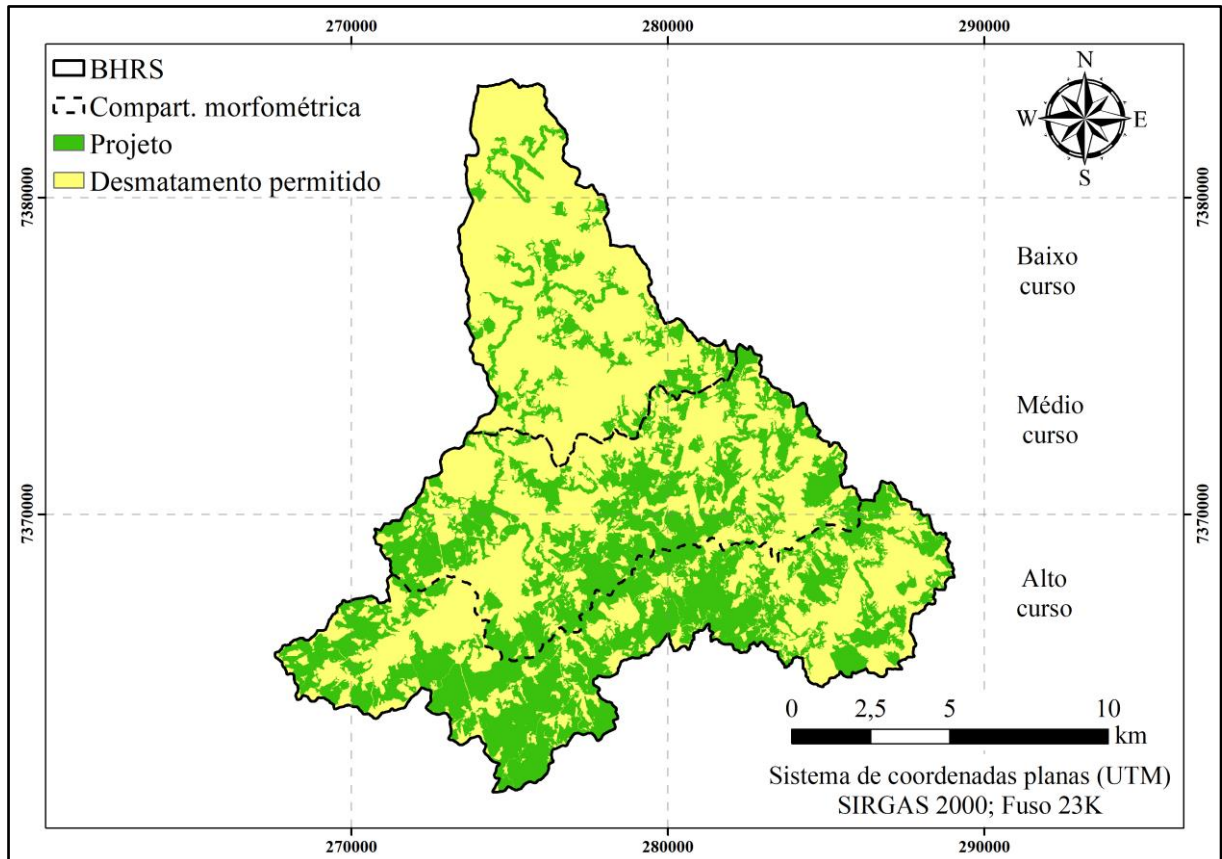
De acordo com o PMMA, a APA de Itupararanga sofre diversas pressões como o avanço de loteamentos em áreas de alta fragilidade ambiental e o intenso uso agrícola das terras (com aplicação de pesticidas). Os impactos ambientais negativos decorrentes destes acontecimentos são diversos, mas, destaca-se, a degradação da qualidade dos corpos hídricos da região. De acordo com o PMMA, deve-se atuar na proteção e recuperação da vegetação ciliar dos principais afluentes da represa de Itupararanga, sendo o Rio Sorocabuçu um deles.

Além disso, o PMMA estabelece ações a serem tomadas para a conservação e recuperação da Mata Atlântica na APA, como: aumento de pesquisas científicas contribuindo para a conservação e o conhecimento da biodiversidade local (a ocorrer entre 2018 e 2024) e; preservação dos remanescentes de Vegetação Nativa (entre 2018 e 2028). Logo, os resultados obtidos no estudo podem contribuir com a gestão do município de Ibiúna.

5.9 Implementação de projeto REDD e análise de gases de efeito estufa

A Figura 20 apresenta as áreas de projeto e de desmatamento permitido na BHRS.

Figura 20 – Áreas de projeto e de desmatamento permitido na BHRS



Fonte: autoria própria.

A área de projeto possui 86,35 km², enquanto a de desmatamento permitido possui 116,31 km².

A Tabela 11 apresenta os valores atribuídos ao BE por meio da equação de Cairns.

Tabela 11 – Valores de BE em função de AB

Classes	BE (tC/ha)
Mata	1.101,00
Reflorestamento	917,50
Campo	8,44
Cultura temporária	59,09
Pastagem	7,23
Área urbanizada	1,10
Corpo d'água	1,84
Área de várzea	8,44
Cultura permanente	183,50
Mineração	1,10

Fonte: autoria própria.

Com isso, os resultados da modelagem do projeto REDD constam na Tabela 12.

Tabela 12 – Quantitativo de emissões de CO₂ na modelagem REDD

(Continua)

Ano de projeto	Emissões Base (tCO ₂)		Emissões – projeto (tCO ₂)		Emissões – desmatamento permitido (tCO ₂)		Reduções REDD (tCO ₂)	
	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado
2020	22747,09	22747,09	7734,01	7734,01	4549,42	4549,42	10463,66	10463,66
2021	22747,09	45494,18	7734,01	15468,02	4549,42	9098,83	10463,66	20927,32
2022	22747,09	68241,25	7734,01	23202,03	4549,42	13648,25	10463,66	31390,97
2023	22747,09	90988,35	7734,01	30936,04	4549,42	18197,67	10463,66	41854,64
2024	22747,09	113735,42	7734,01	38670,05	4549,42	22747,09	10463,66	52318,29
2025	21855,92	135591,36	3278,39	41948,43	3278,39	26025,48	15299,14	67617,45
2026	21855,92	157447,25	3278,39	45226,82	3278,39	29303,87	15299,14	82916,56
2027	21855,92	179303,16	3278,39	48505,21	3278,39	32582,25	15299,14	98215,70
2028	21855,92	201159,08	3278,39	51783,59	3278,39	35860,64	15299,14	113514,84
2029	21855,92	223015,02	3278,39	55061,98	3278,39	39139,03	15299,14	128814,01
2030	22632,90	245647,89	2263,29	57325,27	2263,29	41402,32	18106,32	146920,31
2031	22632,90	268280,81	2263,29	59588,56	2263,29	43665,61	18106,32	165026,66
2032	22632,90	290913,72	2263,29	61851,85	2263,29	45928,89	18106,32	183132,97
2033	22632,90	313546,63	2263,29	64115,14	2263,29	48192,18	18106,32	201239,31
2034	22632,90	336179,47	2263,29	66378,43	2263,29	50455,47	18106,32	219345,56
2035	22249,09	358428,53	1112,45	67490,88	1112,45	51567,93	20024,18	239369,72
2036	22249,09	380677,66	1112,45	68603,34	1112,45	52680,38	20024,18	259393,94
2037	22249,09	402926,78	1112,45	69715,79	1112,45	53792,83	20024,18	279418,16
2038	22249,09	425175,88	1112,45	70828,24	1112,45	54905,29	20024,18	299442,34
2039	22249,09	447424,97	1112,45	71940,70	1112,45	56017,74	20024,18	319466,53

Fonte: autoria própria.

Tabela 12 – Quantitativo de emissões de CO₂ na modelagem REDD

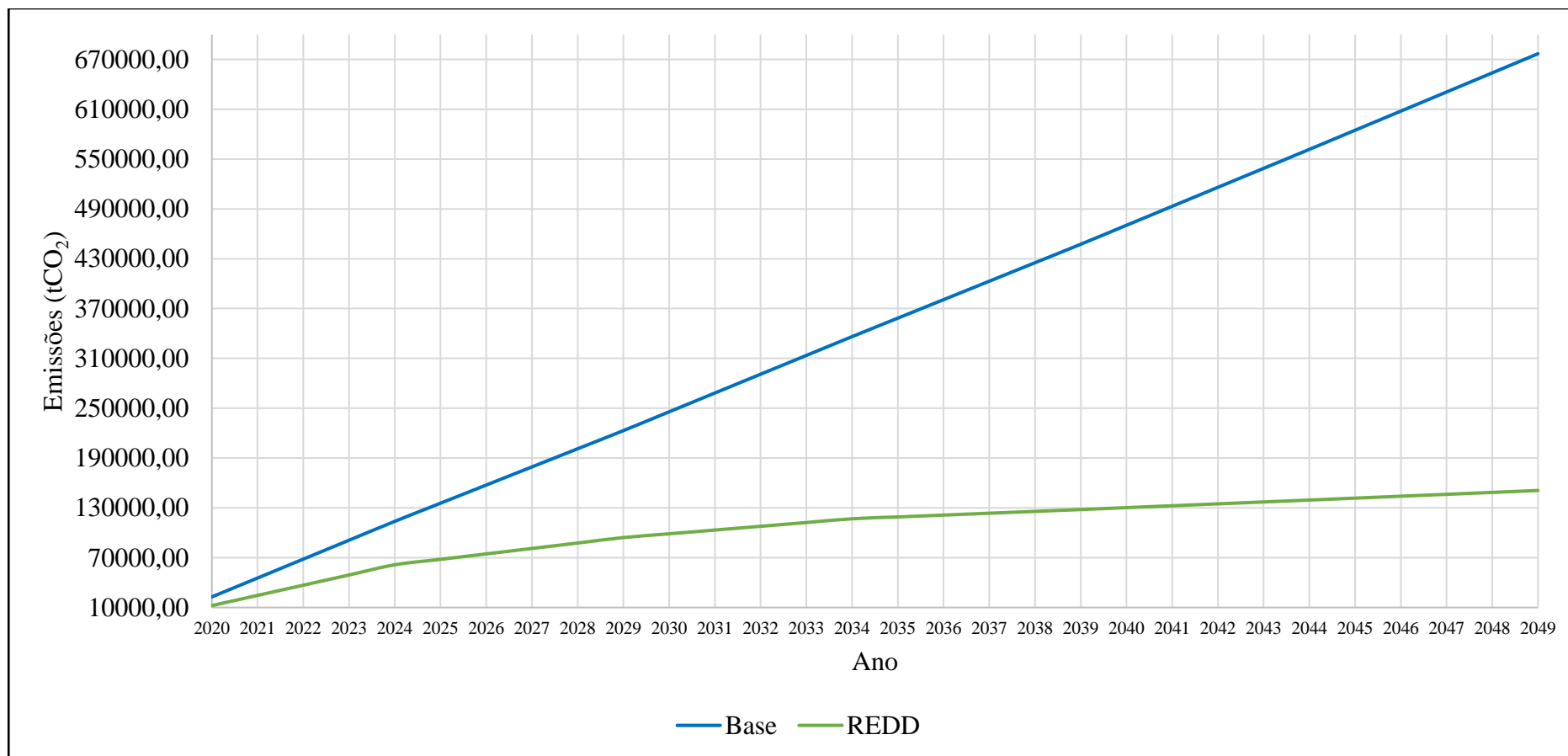
(Conclusão)

Ano de projeto	Emissões Base (tCO ₂)		Emissões – projeto (tCO ₂)		Emissões – desmatamento permitido (tCO ₂)		Reduções REDD (tCO ₂)	
	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado
2040	22854,23	470279,25	1142,71	73083,41	1142,71	57160,45	20568,80	340035,41
2041	22854,23	493133,50	1142,71	74226,12	1142,71	58303,16	20568,80	360604,22
2042	22854,23	515987,75	1142,71	75368,83	1142,71	59445,87	20568,80	381173,06
2043	22854,23	538842,00	1142,71	76511,54	1142,71	60588,58	20568,80	401741,88
2044	22854,23	561696,19	1142,71	77654,25	1142,71	61731,29	20568,80	422310,66
2045	23035,86	584732,00	1151,79	78806,05	1151,79	62883,09	20732,28	443042,88
2046	23035,86	607767,88	1151,79	79957,84	1151,79	64034,88	20732,28	463775,16
2047	23035,86	630803,88	1151,79	81109,64	1151,79	65186,67	20732,28	484507,56
2048	23035,86	653839,63	1151,79	82261,44	1151,79	66338,47	20732,28	505239,72
2049	23035,86	676875,56	1151,79	83413,23	1151,79	67490,27	20732,28	525972,06

Fonte: autoria própria.

Conforme a tabela acima, observa-se que a redução das emissões de GEE devido ao projeto REDD na BHRS seria de 525972,06 tCO₂, o que representa cerca de 78%. Ao longo da operação do projeto, a redução de emissões de GEE anual seria de 17532,4 tCO₂.

A Figura 21 consiste em gráfico contendo as curvas de emissões de GEE nos cenários na ausência e na implementação da conectividade florestal (projeto REDD) na BHRS.

Figura 21 – Curvas de emissões de CO₂ base e do projeto REDD

Fonte: autoria própria.

Em dezembro de 2019 ocorreu a 25ª Conferência das Partes (COP-25) em Madri, capital da Espanha. Neste evento, chegou-se a um consenso de que os membros deveriam aumentar suas metas para redução de emissão de GEE. A preocupação sobre a temática justifica-se por seus impactos não apenas no meio ambiente, mas também nos meios social e econômico. De acordo o relatório publicado em julho deste ano pela Agência Executiva do Conselho Europeu de Investigação (EASAC, do inglês *European Academies Science Advisory Council*), são diversos os impactos que o aumento de temperatura da atmosfera exerce sobre a sociedade (EASAC, 2019). Pedras nos rins, distúrbios de sono, doenças de veiculação hídrica ou por insetos, além de, até mesmo, atividade criminal foram estudados e tiveram correlação positiva com variáveis climáticas (EASAC, 2019). Quanto à economia, estudos indicam que impactos no Produto Interno Bruto (PIB), renda, importações e produção total podem ser experienciadas num cenário de alterações climáticas (OCHUODHO; LANTZ; OLALE, 2016; VICCARO *et al.*, 2019).

A alta emissão de CO₂ decorrente de mudanças de uso da terra no bioma Mata Atlântica e a demanda por ações mitigatórias quanto às mudanças climáticas justificam a aplicação do REDD nessa área (HADDAD, 2013). Além disso, de acordo com Marcolino (2017), evitar o desmatamento seria uma das formas mais baratas de reduzir a emissão de GEE e, conseqüentemente, mitigar mudanças climáticas (frente a outras ações como atuação no setor de transportes, energia e agricultura). O estudo de Torres (2011) também confirma a viabilidade econômica de projetos de carbono na modalidade REDD e mostra a importância de ações dessa natureza para a conservação da Mata Atlântica, pois além dos benefícios quanto ao balanço de carbono, também são mantidos serviços ecossistêmicos por meio da conservação florestal (nos meios físico, biótico e antrópico, de acordo com Reis Neto, 2016).

6 CONCLUSÕES

A base cartográfica da área de estudo foi elaborada por meio de cartas topográficas do IGC e consultas ao *software* Google Earth Pro 7.3. Destaca-se a importância do acesso a informações dessa natureza, em boa escala e resolução, que viabiliza a realização de estudos ambientais por meio de técnicas de Geoprocessamento.

Quanto ao mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal, o método de interpretação visual foi eficaz para os objetivos deste estudo. Por meio deste produto foi possível reconhecer, de forma geral, a área de estudo e paisagem que a compõe. O mesmo padrão espacial foi observado nos diferentes períodos de análise: no baixo curso da BHRS, maior porcentagem de usos antrópicos do solo e no alto curso, maior porcentagem de remanescentes florestais.

Sobre a VCF, a metodologia proposta mostrou que utilizando critérios físicos (declividade, Uso do Solo e Cobertura Vegetal e Capacidade do Uso da Terra) e bióticos (APP, IEA e VMPPM), foi possível determinar locais que possam ser viáveis a receber a implantação de um projeto REDD (PCF) na BHRS. As metodologias utilizadas para estabelecimento de conectividade florestal no presente estudo mostraram-se eficazes e replicáveis para outros locais do bioma Mata Atlântica. Para aplicação em outros biomas brasileiros, talvez valha alguma avaliação complementar para adaptação, ou não, dos métodos propostos.

A ferramenta REDD permitiu modelar a emissão de GEE na área de estudo em cenários futuros. Por meio dela foi possível avaliar o potencial de emissão de diferentes cenários na BHRS (com e sem projeto de conectividade florestal). A implementação da PCF garantiria resultados bastante satisfatórios no que diz respeito a redução de emissões de GEE na BHRS (cerca de 78%).

A utilização de técnicas de Geoprocessamento em estudos para análise da paisagem mostrou-se bastante adequada. Estudos dessa natureza contribuem o planejamento e gestão ambiental, uma vez que podem auxiliar em ações de conservação e recuperação ambiental. No caso, esta pesquisa contempla ações previstas no PMMA.

As preocupações com as questões climáticas são crescentes, portanto, devem ser adotadas ações mitigatórias a respeito. Projetos REDD são uma alternativa viável com relação a essa problemática. Destaca-se também a importância de ações de conservação e recuperação ambiental no bioma Mata Atlântica, bastante notório para a biodiversidade em um contexto global. Portanto, a implementação de projetos dessa natureza ou até mesmo com perspectivas de conservação (como REDD+) devem ser consideradas.

REFERÊNCIAS

AHMAD, S.; TAHAR, R. M. Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: a case of Malaysia. **Renewable Energy**, v. 63, p. 458-466, 2014.

ALARCON, G. G.; AYANU, Y.; FANTINI, A. C.; FARLEY, J.; SCHMITT FILHO, A.; KOELLNER, T. Weakening the Brazilian legislation for forest conservation has severe impacts for ecosystem services in the Atlantic Southern Forest. **Land Use Policy**, v. 47, p. 1-11, 2015.

AMORIM, A. T. **PROPOSTA METODOLÓGICA DE IDENTIFICAÇÃO DOS ESTÁGIOS DE SUCESSÃO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS DO BIOMA MATA ATLÂNTICA**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2018.

ANGELO, L. D.; STEFANO, P. D.; FRATOCCHI, L.; MARZOLA, A. An AHP-based method for choosing the best 3D scanner for cultural heritage applications. **Journal of Cultural Heritage**, v. 34, p. 109-155, 2018.

ARONOFF, S. **Remote Sensing for GIS managers**. Redlands: ESRI Press, 2005.

BANERJEE, A.; RAY, S. Spatial Models and Geographic Information Systems. **Encyclopedia of Ecology**, v. 2, p. 178-188, 2019.

BRASIL. Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 nov. 2008.

_____. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 dez. 1979.

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 mai. 2012.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: University Press, 2004.

CAI, C. J.; ZHOU, Z. X.; CHEN, F.; ZHENG, Z. M. The landscape patterns of the green corridors in Wuhan City, China. **Acta Ecologica Sinica**, v. 26, n. 9, p. 2996-3004, 2006.

CAIRNS, M. A.; BROWN, S.; HELMER, E. H.; BAUMGARDNER, G. A. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia**, v. 111, p. 1-11, 1997.

CAMOLEZ, A. A. C. **USO DA TERRA NOS ARREDORES DA REPRESA BILLINGS E EM BERTIOGA: O SENSORIAMENTO REMOTO NA AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA EM ÁREAS DE MATA ATLÂNTICA E DE PROTEÇÃO DE MANANCIASIS**. 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. 205 f. 1996.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Apresentação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DA GEOINFORMAÇÃO**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CARDOSO, D. J.; GARRASTAZU, M. C. LACERDA, A. E. B.; HIGA, R. C. V.; ROSOT, M. A. D.; CARDOSO, D. J. Avaliação das variáveis e disponibilidade de informações do modelo de estoque de carbono do aplicativo Invest. In: Congresso Florestal Paranaense, 4., 2012, Curitiba, **Anais...** Curitiba, 2012.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI. **A classificação climática de Köppen para o estado de São Paulo**. 2018. Disponível em: <https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_228.html>. Acesso em: 13 mai. 2018.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS – CIIAGRO. **Temperatura Máxima do Ar**. Escala 1: 5.000.000. 2015a.

_____. **Temperatura Mínima do Ar**. Escala 1: 5.000.000. 2015b.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Blücher, 1999.

CLARK LABS. **TerrSet 18.10**. Worcester, 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 9, de 24 de outubro de 1996. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 nov. 1996.

COSTA, R. L.; PREVEDELLO, J. A.; SOUZA, B. G.; CABRAL, D. C. Forest transitions in tropical landscapes: A test in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. **Applied Geography**, v. 82, p. 93-100, 2017.

COSTA, H. F.; AMORIM, A. T.; SACRAMENTO, B. H.; SOUSA, J. A. P.; LOURENÇO, R. W. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DA TERRA POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19., 2019, Santos, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2019.

CRUZ, A. A.; FERNANDES, E. A. Relação PIB e meio ambiente: abordagem da pegada ecológica. **Redes**, v. 18, n. 1, p. 88-107, 2013.

DALLOZ, M. F.; CROUZEILLES, R.; ALMEIDA-GOMES, M.; PAPI, B.; PREVEDELLO, J. A. Incorporating landscape ecology metrics into environmental impact assessment in the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 3, p. 216-220, 2017.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DITT, E. H.; MOURATO, S.; GHAZOUL, J.; KNIGHT, J. FOREST CONVERSION AND PROVISION OF ECOSYSTEM SERVICES IN THE BRAZILIAN ATLANTIC FOREST. **Land Degradation & Development**, v. 21, p. 591-603, 2010.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo**, v. 41, p. 1-28, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **ArcGis 10.6**. Redlands, 2017.

EUROPEAN ACADEMIES SCIENCE ADVISORY COUNCIL – EASAC. **The imperative of climate action to protect human health in Europe**. 76 p. 2019.

EWERS, R. M.; DIDHAM, R. K. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 81, n. 1, p. 117-142, 2006.

FARJANA, S. H.; HUDA, N.; MAHMUD, M. A. P.; SAIDUR, R. A review on the impact of mining and mineral processing industries through life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 231, p. 1200-1217, 2019.

FERREIRA, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F. Corredores ecológicos potenciais na subbacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, indicados por meio de SIG. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n.1, p. 133-141, 2011.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley & Sons: Toronto, 1986.

FRANCISCO, C. E. S. **Áreas de Preservação permanente na bacia do ribeirão das Anhumas**: estabelecimento de prioridades para recuperação por meio de análise multicriterial. 2006. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo, Campinas, 2006.

FU, B.; LU, Y. The progress and perspectives of landscape ecology in China. **Progress in Physical Geography**, v. 30, n. 2, p. 232-244, 2006.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Itupararanga. 2009. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-apa-itupararanga/>>. Acesso em: 1 maio 2019.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Estudo aponta municípios de São Paulo que mais regeneram a Mata Atlântica**. São Paulo, 2018. 3 p.

GERHARDT, J. **Uso de conectividade florestal e aplicação da legislação ambiental para o planejamento da conservação de remanescentes da Mata Atlântica em área de uso**

agrícola. 2014. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

GOOGLE LLC. **Google Earth Pro 7.3**. Mountain View, 2019.

GUIMARÃES, H.; BRAGA, R.; MASCARENHAS, A.; RAMOS, T. B. Indicators of ecosystem services in a military Atlantic Forest area, Pernambuco—Brazil. **Ecological Indicators**, v. 80, p. 247-257, 2017.

HADDAD, M. H. S. **Análise dos mecanismos REDD+ e seus benefícios no Brasil: um estudo de caso na Ilha do Marajó – PA, Brasil**. 2013. 141 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, São Paulo, 2013.

HAN, G. F. Constructing urban ecological corridor based on GIS – a case of study of Wanyuan City, Sichuan Province, **Journal of Human Settlements in West China**, v. 3, p. 50-55, 2013.

HIGGINS, E.; TAYLOR, M.; FRANCIS, H.; JONES, M.; APPLETON, D. The evolution of geographical information systems for fire prevention support. **Fire Safety Journal**, v. 69, p. 117-125, 2014.

HOCINE, A.; KOUAISSAH, N. XOR analytic hierarchy process and its application in the renewable energy sector. **Omega**, 2019.

HUISMAN, O.; DE BY, R. A. **Principles of Geographic Information Systems: an introductory textbook**. Enschede: ITC, 2009.

IBIÚNA. Lei Municipal nº 1.236, de 13 de dezembro de 2006. **Secretaria da Prefeitura**, Poder Executivo, Ibiúna, SP, 13 dez. 2006.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO – IGC. **Carta topográfica**. Serviço Gráfico do IGC, 1979. Escala 1:10.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p. ISBN 978-85-240-4272-0.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p. ISBN 978-85-240-4307-9.

_____. **Limites das Unidades Federativas do Brasil**. Escala 1: 2.500.000. Atualização: 2013. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Geoserver_Publico/BrasilUF/1435155780401/wms>. Acesso em: 07 maio 2018.

_____. **Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 62 p.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). IPCC, Hayama, Japan, 2006.

_____. **Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Synthesis Report. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p., 2014.

_____. **Global warming of 1.5 °C**. 32 p. 2018.

_____. **Climate Change and Land**. 2019. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/srccl/>>. Acesso em: 10 out. 2019.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2011.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.16, p. 3-30, 2002.

KAKUMOTO, Y.; KOYAMATSU, Y.; SHIOTA, A.; QUDAIH, Y.; MITANI, Y. Application of Geographic Information System to Power Distribution Systems Analysis. **Energy Procedia**, v. 100, p. 360-365, 2016.

LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C.A.; LEITE, C. C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. G. Pervasive transition of the brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 27-35, 2013.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.

LIU, Y.; LI, Z. W.; TANG, Z. H.; ZHANG, Y.; REN, P. Greenway network design of Great West River Plot Area in Changsha City Hunan Province of South-central China based on sustainability analysis and GIS. **Chinese Journal of Ecology**, v. 31, n. 2, p. 426-432, 2012.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographic Information Science and Systems**. Redlands: ESRI Press, 2015.

LOPES, E. R. N.; LOURENÇO, R. W.; REUSS-STRENZEL, G. M. Análise multicriterial aplicada a elaboração de zoneamento de unidade de conservação na zona costeira da Bahia, Brasil. **Revista Ra' e Ga**, Curitiba, v. 37, p. 65-90, 2016.

LOPES, E. R. N.; SILVA, A. P. P.; PERUCHI, J. F.; LOURENÇO, R. W. Zoneamento de Risco de Incêndio e Queimadas no Município de Sorocaba - São Paulo. **REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**, v. 36, p. 117-129, 2018.

LOPES, E. R. N.; SALES, J. C. A.; SOUZA, J. C.; SOUSA, J. A. P.; LOURENÇO, R. W. Evaluation of flood risk in Sorocaba - Brazil, using fuzzy logic and geotechnology. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, p. 1422-1434, 2019.

LOURENÇO, R. W.; CUNHA E SILVA, D. C.; SALES, J. C. A. Elaboração de uma metodologia de avaliação de fragmentos de remanescentes florestais como ferramenta de gestão e planejamento ambiental. **Ambiência**, Guarapuava, v.10, n.3, p. 685-696, 2014.

MAGALHÃES, J. L. L.; LOPES, M. A.; QUEIROZ, H. L. Development of a Flooded Forest Anthropization Index (FFAI) applied to Amazonian areas under pressure from different human activities. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 440-447, 2015.

MANTOVANI, J. R.; BACANI, V. M. Uma proposta metodológica de mapeamento de áreas suscetíveis a inundação e/ou alagamento na bacia hidrográfica do córrego Indaiá-MS. **GEOUSP**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 687-706, 2018.

MARCOLINO, C. P. **CONTABILIZANDO A NATUREZA**: abrindo a caixa preta

do mercado de REDD+ no Brasil. 2017. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

MARTINS, S. V.; SARTORI, M.; RAPOSO FILHO, F. L.; SIMONELI, M.; DADALTO, G.; PEREIRA, M. L.; SILVA, A. E. S. **POTENCIAL DE REGENERAÇÃO NATURAL DE FLORESTAS NATIVAS NAS DIFERENTES REGIÕES DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**. Vitória: CEDAGRO, 2014. 102 f.

MAYER, A. L.; BUMA, B.; DAVIS, A.; GAGNÉ, S. A.; LOUDERMILK, E. L.; SCHELLER, R. M.; SCHMIEGELOW, F. K. A.; WIERSMA, Y. F.; FRANKLIN, J. How Landscape Ecology Informs Global Land-Change Science and Policy. 2016. **BioScience**, Oxford, p. 1-12, 2016.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS**: spatial pattern analysis program quantifying landscape structure. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 112 p. 1995. DOI: <<https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-351>>. Acesso em: 24 set. 2018.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2012.

MEIRA, R. T.; SABONARO, D. Z.; SILVA, D. C. C. Elaboração de Carta de Adequabilidade Ambiental de uma pequena propriedade rural no município de São Miguel Arcanjo, São Paulo, utilizando técnicas de geoprocessamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 77-84, 2016.

METZGER, J. P.; ALVES, L. F.; GOULART, W.; TEIXEIRA, A. M. G.; SIMÕES, S. J. C.; CATHARINO, E. L. M. Uma área de relevante interesse biológico, porém pouco conhecida: a Reserva Florestal do Morro Grande. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, p. 1-33, 2006.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES DO BRASIL – MCTIC. **Relatório de Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**. 3 ed. 85 f. Brasília, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**: atualização – Portaria MMA nº 09, de 23 de janeiro de 2007. 301 p. Brasília. 2007.

_____. **Mata Atlântica**: Patrimônio nacional dos brasileiros. (Org.: CAMPANILI, M; SCHAFFER). Brasília: MMA, 2010. 408 p.

_____. **ENREDD+**: Estratégia Nacional para Redução das Emissões Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal. Brasília, 2016, 48 p. ISBN: 978-85-7738-263-7.

_____. **Roteiro para a elaboração e implementação dos Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica**. Brasília, 2017. 73 p. ISBN: 978-85-7738-184-5.

MORANDI, D. T. **DELIMITAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS ENTRE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO CERRADO BRASILEIRO**. 2018. 24 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2018.

MOREIRA, F. R.; BARBOSA, C.; CÂMARA, G.; ALMEIDA FILHO, R. Inferência Geográfica e Suporte à Decisão. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Técnicas de Inferência Geográfica**. INPE, São José dos Campos, 2001.

MOREIRA, T. R. **PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS COMO ESTRATÉGIA PARA MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE, BRASIL**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, 2019.

MÜLLER, M. Hierarchical profiling of geoprocessing services. **Computers & Geosciences**, v. 82, p. 68-77, 2015.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIERS, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NARDINI, R. C.; CAMPOS, S.; RIBEIRO, F. L.; GOMES, L. N.; FELIPE, A. C.; CAMPOS, M. AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE CONFLITO DE USO EM APP DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO MORRO GRANDE. **CAMINHOS DE GEOGRAFIA**, Uberlândia, v. 16, n. 55, p. 104-113, 2015.

NARUMALANI, S.; HLADY, J. T.; JENSEN, J. R. Information extraction from remotely sensed data. In: Bossler, J D. **Manual of Geospatial Science and Technology**. 1ª Ed. Londres: Taylor & Francis, p. 298-324. 2002.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA. **The Electromagnetic Spectrum**. 2013. Disponível em: <<https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>>. Acesso em: 2 jul. 2019.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

OCHUODHO, T. O.; LANTZ, V. A.; OLALE, E. Economic impacts of climate change considering individual, additive, and simultaneous changes in forest and agriculture sectors in Canada: A dynamic, multi-regional CGE model analysis. **Forest Policy and Economics**, v. 63, p. 43-51, 2016.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

OLIVEIRA, J. A. P. **Empresas na sociedade: sustentabilidade e responsabilidade social**. Elsevier Editora, 2013.

OLIVEIRA, R. A.; CUNHA E SILVA, D. C.; SIMONETTI, V. C.; STROKA, E. A. B.; SABONARO, D. Z. Proposição de Corredor Ecológico entre duas Unidades de Conservação na Região Metropolitana de Sorocaba. **Revista do Departamento de Geografia USP**, v. 32, p. 61-71, 2016.

PANIZZA, A. C.; FONSECA, F. P. Técnicas de interpretação visual de imagens. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, n. 30, p. 30-43, 2011.

PEDRAZZI, F. J. M.; CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPEO, M. Avaliação da qualidade da água no reservatório de Itupararanga, bacia do Alto Sorocaba. **Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 26-38, 2014.

PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica**. 2002. 135 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

PEREIRA, L. C.; TÔSTO, S. G. Capacidade do uso das terras como base para avaliação do desenvolvimento rural sustentável. In: Seminário Internacional Nova Territorialidades e Desenvolvimento Sustentável, 2., 2012, Recife, **Anais...** Recife: GRAPp, 2012.

PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. O MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA – AHP – COMO AUXÍLIO NA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE

AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIEDADE (MG). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 23, p. 4-26, 2012.

REIS NETO, A. F. **POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES À IMPLEMENTAÇÃO DA REDUÇÃO DO DESMATAMENTO E DA DEGRADAÇÃO FLORESTAL (REDD) NA MATA ATLÂNTICA DE PERNAMBUCO**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

REMPEL, C.; GUERRA, T.; PORTO, M. L.; PÉRICO, E.; ECKHARDT, R. R.; CEMIN, G. A ECOLOGIA DA PAISAGEM COMO BASE PARA O ZONEAMENTO AMBIENTAL DA REGIÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA – VALE DO TAQUARI – RS – BRASIL – UM MODELO DE PROPOSTA METODOLÓGICA. **GeoFocus**, n. 9, p. 102-125, 2008.

REMPEL, R. S.; KAUKINEN, D.; CARR, A. P. **Patch Analyst and Patch Grid**. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario. 2012.

RIBEIRO, G.; CÂMARA, G. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

ROSA, A. H.; SILVA, A. A. M. J.; MELO, C. A. M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; GUANDIQUE, M. E. G.; FRACETO, L. F.; LOURENÇO, R. W. Diagnóstico ambiental e avaliação de uso e ocupação do solo visando a sustentabilidade da represa de Itupararanga, importante área da Bacia do Médio Tietê. In: POMPEO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; NISHIMURA, P. Y.; SILVA, S. C.; DOVAL, J. C. L. (Org.). **Ecologia de reservatórios e interfaces**, São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em: < http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._15_Itupararanga.pdf>. Acesso em: 15 maio 2019.

ROSOMAN, G. Conservação de Fragmentos de Florestas com Alta Concentração de Carbono: antecedentes e princípios. In: GRUPO DE COORDENAÇÃO DA METODOLOGIA HCS (Org.). **Ferramentas para Metodologia HCS**. 1 ed., 2015, cap. 5, p. 69-76, 2015.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. Escala: 1. 250.000. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. Disponível em: < http://datageo.ambiente.sp.gov.br/geoserver/datageo/PEDOLOGICO_ROSSI_2017_POL/wfs?version=1.0.0&request=GetFeature&outputFormat=SHAPE-ZIP&typeName=PEDOLOGICO_ROSSI_2017_POL>. Acesso em: 20 abr. 2018.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, p. 161-176, 1987.

SAATY, T. L. Group decision making and the AHP. In: GOLDEN, B. L.; WASIL, E. A.; KARKER, P. T. (Org). **The Analytic Hierarchy Process**. Springer: Berlim, 1989.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p.83, 2008.

SACRAMENTO, B. H.; SOUSA, J. A. P.; COSTA, H. F.; AMORIM, A. T.; LOPES, E. R. N.; LOURENÇO, R. W. ANÁLISE DE MÉTRICAS DE PAISAGEM E INFLUÊNCIAS DO USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL EM FRAGMENTOS FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19., 2019, Santos, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2019.

SAHOO, S.; DHAR, A.; KAR, A. Environmental vulnerability assessment using Grey Analytic Hierarchy Process based model. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 56, p. 145-154, 2016.

SALAZAR, A.; KATZFEY, J.; THATCHER, M.; SYKTUS, J.; WONG, K.; MCALPINE, C. Deforestation changes land–atmosphere interactions across South American biomes. **Global and Planetary Change**, v. 139, p. 97-108, 2016.

SALES, J. C. A.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. Identificação de áreas prioritárias para conservação da avifauna na bacia hidrográfica do Rio Una, Ibiuna/SP. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, v. 8, p. 1-21, 2017.

SALOMÃO, F. X. T. "Controle e Prevenção dos Processos Erosivos", in: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e Conservação dos Solos**, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 340p., 2012.

SANQUETTA, C. R. **EXPERIÊNCIAS DE MONITORAMENTO NO BIOMA MATA ATLÂNTICA COM USO DE PARCELAS PERMANENTES**. Curitiba, 2008. 338 p.

SANTOS, A. R.; CHIMALI, T.; PELUZIO, J. B. E.; SILVA, A. G.; SANTOS, G. M. A. D. A.; LORENZON, A. S.; TEIXEIRA, T. R.; CASTRO, N. L. M.; RIBEIRO, C. A. A. S. SANTOS, J. F. C.; MENDONÇA, B. A. F.; ARAÚJO, E. J. G.; ANDRADE, C. F. Influence of relief on permanent preservation areas. **Science of The Total Environment**, v. 541, p. 1296-1302, 2016.

SANTOS, J. F. C.; MENDONÇA, B. A. F.; ARAÚJO, E. J. G.; ANDRADE, C. F. Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 151-158, 2017.

SANTOS, J. S.; LEITE, C. C. C.; VIANA, J. C. C.; SANTOS, A. R.; FERNANDES, M. M.; ABREU, V. S.; NASCIMENTO, T. P.; SANTOS, L. S.; FERNANDES, M. R. M.; SILVA, G. F.; MENDONÇA, A. R. Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 88, p. 414-424, 2018.

SANTOS, J. F. C.; GLERIANI, J. M.; VELLOSO, S. G. S.; SOUZA, G. S. A.; AMARAL, C. H.; TORRES, F. T. P.; MEDEIROS, N. G.; REIS, M. Wildfires as a major challenge for natural regeneration in Atlantic Forest. **Science of The Total Environment**, v. 650, p. 809-821, 2019.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DA PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE IBIÚNA – SEMA. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Ibiúna**. 54 p. 2018. Disponível em: <<file:///G:/OneDrive/Downloads/Plano%20Municipal%20de%20Conservacao%20e%20Recuperao%20da%20Mata%20Atlantica%20de%20Ibiuna.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2020.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SMA. **Limite do Estado de São Paulo**. 2010. Escala: 1: 50.000. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Geoserver_Publico/LimiteEstadual/1435665102671/wms>. Acesso em: 07 maio 2018.

_____. **Municípios existentes do Estado de São Paulo**. Escala: 1: 50.000. Atualização: 2013. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Geoserver_Publico/LimiteMunicipal1940/1435155783244/wms>. Acesso em: 07 maio 2018.

_____. **Serra do Mar e Mosaicos da Mata Atlântica: Uma Experiência de Recuperação Socioambiental**. 138 p. 2014.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote Sensing: models and methods for image processing**. São Diego: Academic Press, 1997.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; OLIVEIRA, R. A.; LOURENÇO, R. W. Metodologia para análise do potencial de degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. **CADERNO DE GEOGRAFIA**, v. 27, p. 455-466, 2017.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento & Análise Ambiental**: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SINGER, R. S.; WARD, M. P.; MALDONADO, G. Can landscape ecology untangle the complexity of antibiotic resistance?. **Nature Reviews Microbiology**, v. 4, n. 12, p. 943-952, 2006.

SOUSA, J. A. P.; LOPES, E. R. N.; SOUZA, J. C.; LOURENÇO, R. W. IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A RECUPERAÇÃO DO ENTORNO DE CURSOS D'ÁGUA. **REVISTA HIPÓTESE**, v. 5, p. 414-431, 2019.

TEIXEIRA, N. F. F.; SILVA, E. V.; FARIAS, J. F. Geoecologia das paisagens e planejamento ambiental: discussão teórica e metodológica para a análise ambiental. **Planeta Amazônia**, Macapá, n. 9, p. 147-158, 2017.

TORRES, C. M. M. E. **Análises técnica e econômica da geração de créditos de carbono em projetos florestais na região de Viçosa, MG**. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

TUNG, S. L.; TANG, S. L. A comparison of the Saaty's AHP and modified AHP for right and left eigenvector inconsistency. **European Journal of Operational Research**, v. 106, p. 123-128, 1998.

UN-REDD PROGRAMME. **About REDD+**. Geneva, 2018. Disponível em: <<http://www.unredd.net/about/what-is-redd-plus.html>>. Acesso em: 14 mai. 2018.

VASCONCELOS, A. L. S.; FERRÃO, G. E.; CAMARGO, P. B.; CERRI, C. E. P.; PIRES, I. C. G.; SIQUEIRA NETO, M. Agricultura e emissões de gases de efeito estufa - estudos de casos no Brasil. **Revista Trópica**, v. 10, n. 2, p. 12-40, 2018.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. J. A.; MARTINEZ, J. L. A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 2, p.400-406, 1992.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

VICCARO, M.; COZZI, M.; FANELLI, L.; ROMANO, S. Spatial modelling approach to evaluate the economic impacts of climate change on forests at a local scale. **Ecological Indicators**, v. 106, 2019.

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER, J. P. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p. 521-532, 2007.

WANG, B.; XIE, H.; REN, H.; LI, X.; CHEN, L.; WU, B. Application of AHP, TOPSIS, and TFNs to plant selection for phytoremediation of petroleum-contaminated soils in shale gas and oil fields. **Journal of Cleaner Production**, v. 233, n. 1, p. 13-22, 2019.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. **Greenhouse gas bulletin: the state of greenhouse gases in the atmosphere based on observations through 2013**. 2014.

WU, J. J. **Landscape Ecology**. Encyclopedia of Ecology. 2. Ed. v. 4, p. 527-531, 2019.

YU, H.; LIU, X.; KONG, B.; LI, R.; WANG, G. Landscape ecology development supported by geospatial technologies: A review. **Ecological Informatics**, v. 51, p. 185-192, 2019.

ZAÚ, A. S. Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 160-170, 1998.

ZUBERI, M. J.; ALI, S. F. Greenhouse effect reduction by recovering energy from waste landfills in Pakistan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 117-131, 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Métricas de paisagem avaliadas em fragmentos florestais da área de estudo.

(Continua)

Setor	Tamanho	Identif.	AF (ha)	TB (m)	DB (m/ha)	IFM	DFM	VMPM (m)
Baixo	Médio	1	16,77	5612,24	0,62	3,87	1,44	27,30
Baixo	Médio	2	16,19	3655,40	0,40	2,56	1,37	5,86
Baixo	Médio	3	12,56	2332,98	0,26	1,86	1,32	240,84
Baixo	Médio	4	31,02	5972,37	0,66	3,02	1,38	40,48
Baixo	Médio	5	17,57	3047,38	0,33	2,05	1,33	281,20
Baixo	Médio	6	18,56	4701,15	0,52	3,08	1,39	0,00
Baixo	Médio	7	15,88	3047,99	0,33	2,16	1,34	31,52
Baixo	Médio	8	15,46	2664,32	0,29	1,91	1,32	31,52
Baixo	Médio	10	11,72	2252,16	0,25	1,86	1,32	5,66
Baixo	Médio	11	14,34	3900,68	0,43	2,91	1,39	332,36
Baixo	Médio	12	15,25	3361,59	0,37	2,43	1,36	0,00
Baixo	Médio	13	12,69	1643,78	0,18	1,30	1,26	5,66
Baixo	Médio	14	19,70	5475,62	0,60	3,48	1,41	244,27
Baixo	Médio	16	13,32	2742,23	0,30	2,12	1,34	10,87
Baixo	Médio	17	40,56	12320,80	1,35	5,46	1,46	6,97
Baixo	Médio	18	25,24	5690,29	0,63	3,19	1,39	6,97
Baixo	Médio	20	46,01	9635,14	1,06	4,01	1,41	0,00
Baixo	Médio	21	12,44	5221,48	0,57	4,18	1,46	10,87
Baixo	Médio	22	29,16	10325,00	1,13	5,39	1,47	43,03
Baixo	Médio	23	10,37	2413,92	0,27	2,11	1,35	312,25
Baixo	Médio	24	17,34	5279,20	0,58	3,58	1,42	284,58
Baixo	Médio	25	18,01	6240,02	0,69	4,15	1,44	0,00
Baixo	Médio	26	15,93	4004,05	0,44	2,83	1,39	0,00
Baixo	Médio	27	11,32	5374,46	0,59	4,51	1,48	58,32
Baixo	Médio	28	12,89	2722,30	0,30	2,14	1,34	419,48
Baixo	Médio	29	48,63	7349,85	0,81	2,97	1,36	0,00

(Continua)

Setor	Tamanho	Identif.	AF (ha)	TB (m)	DB (m/ha)	IFM	DFM	VMPM (m)
Baixo	Médio	30	30,37	9993,97	1,10	5,12	1,46	419,48
Baixo	Médio	31	16,30	5476,76	0,60	3,83	1,43	381,52
Baixo	Médio	33	14,08	4407,41	0,48	3,31	1,42	8,67
Baixo	Médio	34	10,54	3149,16	0,35	2,74	1,39	516,81
Baixo	Médio	78	22,76	6425,64	0,71	3,80	1,42	220,78
Baixo	Médio	84	10,43	2923,01	0,32	2,55	1,38	3,93
Baixo	Médio	86	44,19	13370,80	1,47	5,67	1,46	3,93
Baixo	Médio	89	16,81	3937,76	0,43	2,71	1,38	7,29
Baixo	Médio	97	14,70	5018,56	0,55	3,69	1,43	130,17
Baixo	Médio	127	18,68	4174,05	0,46	2,72	1,37	0,00
Baixo	Médio	131	16,40	3619,92	0,40	2,52	1,36	0,00
Baixo	Grande	15	69,94	18427,30	2,02	6,22	1,46	2,87
Baixo	Grande	19	52,83	13632,90	1,50	5,29	1,44	0,00
Baixo	Muito grande	9	139,11	25920,50	2,85	6,20	1,44	0,00
Baixo	Muito grande	32	109,70	18690,60	2,05	5,03	1,41	0,00
Médio	Médio	2	16,19	3655,40	0,40	2,56	1,37	5,85647
Médio	Médio	37	15,83	3144,88	0,35	2,23	1,35	11,85
Médio	Médio	38	33,40	7493,00	0,82	3,66	1,40	0,00
Médio	Médio	47	20,23	5252,84	0,58	3,29	1,40	0,00
Médio	Médio	49	15,13	5318,84	0,58	3,86	1,44	3,15
Médio	Médio	51	13,02	5763,56	0,63	4,51	1,47	1,59
Médio	Médio	52	15,10	3388,03	0,37	2,46	1,36	4,68
Médio	Médio	57	23,19	6057,34	0,67	3,55	1,41	0,00
Médio	Médio	58	30,71	10746,70	1,18	5,47	1,47	1,22
Médio	Médio	59	22,68	6034,15	0,66	3,57	1,41	4,24
Médio	Médio	60	25,98	8153,56	0,90	4,51	1,44	0,00
Médio	Médio	75	16,58	4101,04	0,45	2,84	1,38	133,32
Médio	Médio	76	24,33	7787,42	0,86	4,45	1,44	5,27
Médio	Médio	77	18,15	2695,98	0,30	1,79	1,30	0,00
Médio	Médio	78	22,76	6425,64	0,71	3,80	1,42	220,78

(Continua)

Setor	Tamanho	Identif.	AF (ha)	TB (m)	DB (m/ha)	IFM	DFM	VMPM (m)
Médio	Médio	79	27,10	3888,97	0,43	2,11	1,32	74,36
Médio	Médio	83	14,17	2029,56	0,22	1,52	1,28	64,66
Médio	Médio	86	44,19	13370,80	1,47	5,67	1,46	3,93
Médio	Médio	89	16,81	3937,76	0,43	2,71	1,38	7,29
Médio	Médio	91	20,35	3013,74	0,33	1,88	1,31	12,99
Médio	Médio	93	20,24	5946,15	0,65	3,73	1,42	7,80
Médio	Médio	99	38,80	8569,92	0,94	3,88	1,41	1,16
Médio	Médio	101	19,26	3789,53	0,42	2,44	1,35	1,65
Médio	Médio	103	26,72	5389,13	0,59	2,94	1,38	2,35
Médio	Médio	104	10,93	5196,22	0,57	4,43	1,47	33,84
Médio	Médio	105	19,21	4356,61	0,48	2,80	1,38	1,73
Médio	Médio	107	14,57	4551,01	0,50	3,36	1,42	2,62
Médio	Médio	108	11,76	4722,52	0,52	3,88	1,45	4,33
Médio	Médio	111	36,72	6607,73	0,73	3,08	1,37	1,49
Médio	Médio	117	16,39	3868,97	0,43	2,70	1,38	1,82
Médio	Médio	121	20,10	4128,95	0,45	2,60	1,36	0,00
Médio	Médio	123	12,62	4660,83	0,51	3,70	1,44	0,00
Médio	Médio	124	31,67	7268,90	0,80	3,64	1,40	0,00
Médio	Médio	129	41,02	4855,70	0,53	2,14	1,31	0,00
Médio	Grande	15	69,94	18427,30	2,02	6,22	1,46	2,87
Médio	Grande	35	95,41	15947,10	1,75	4,61	1,41	46,34
Médio	Grande	36	52,91	12523,30	1,38	4,86	1,43	74,85
Médio	Grande	81	74,42	7859,08	0,86	2,57	1,33	0,00
Médio	Grande	100	51,46	10411,70	1,14	4,09	1,41	1,73
Médio	Grande	102	81,08	11735,20	1,29	3,68	1,38	2,35
Médio	Grande	122	64,49	14341,10	1,58	5,04	1,43	0,00
Médio	Muito grande	9	139,11	25920,50	2,85	6,20	1,44	0,00
Médio	Muito grande	32	109,70	18690,60	2,05	5,03	1,41	0,00
Médio	Muito grande	40	403,78	35511,00	3,90	4,99	1,38	0,00
Médio	Muito grande	44	103,60	18763,00	2,06	5,20	1,42	0,00

(Continua)

Setor	Tamanho	Identif.	AF (ha)	TB (m)	DB (m/ha)	IFM	DFM	VMPM (m)
Médio	Muito grande	45	150,51	16318,80	1,79	3,75	1,36	24,34
Médio	Muito grande	46	343,60	33436,90	3,67	5,09	1,38	0,00
Médio	Muito grande	50	482,89	52286,80	5,75	6,71	1,41	0,00
Médio	Muito grande	87	104,88	13262,80	1,46	3,65	1,37	1,16
Médio	Muito grande	90	107,38	16802,50	1,85	4,57	1,40	1,82
Médio	Muito grande	92	117,59	18644,90	2,05	4,85	1,41	4,00
Médio	Muito grande	109	418,57	34755,90	3,82	4,79	1,37	4,32
Médio	Muito grande	119	396,71	50313,20	5,53	7,13	1,43	0,00
Médio	Muito grande	120	354,38	32381,70	3,56	4,85	1,38	1,49
Médio	Muito grande	128	234,51	36289,50	3,99	6,68	1,43	0,00
Alto	Médio	41	19,35	3798,04	0,42	2,44	1,35	1,59
Alto	Médio	42	15,86	3416,95	0,38	2,42	1,36	0,00
Alto	Médio	48	48,54	10985,40	1,21	4,45	1,42	4,52
Alto	Médio	49	15,13	5318,84	0,58	3,86	1,44	3,15
Alto	Médio	52	15,10	3388,03	0,37	2,46	1,36	4,68
Alto	Médio	53	14,58	4030,35	0,44	2,98	1,40	39,64
Alto	Médio	54	45,10	7126,55	0,78	2,99	1,36	0,00
Alto	Médio	55	10,42	3134,86	0,34	2,74	1,39	0,00
Alto	Médio	56	33,91	16920,00	1,86	8,20	1,53	0,00
Alto	Médio	59	22,68	6034,15	0,66	3,57	1,41	4,24
Alto	Médio	60	25,98	8153,56	0,90	4,51	1,44	0,00
Alto	Médio	61	10,81	4727,08	0,52	4,06	1,46	0,00
Alto	Médio	62	13,57	3089,74	0,34	2,37	1,36	16,38
Alto	Médio	63	18,56	5633,38	0,62	3,69	1,42	3,15
Alto	Médio	64	10,61	3668,29	0,40	3,18	1,42	9,18
Alto	Médio	65	10,07	2455,83	0,27	2,18	1,36	9,18
Alto	Médio	67	34,47	14804,30	1,63	7,11	1,51	7,00
Alto	Médio	68	20,63	3687,72	0,41	2,29	1,34	199,34
Alto	Médio	69	13,94	4941,62	0,54	3,73	1,44	4,01
Alto	Médio	70	11,81	2464,96	0,27	2,02	1,34	42,59

(Continua)

Setor	Tamanho	Identif.	AF (ha)	TB (m)	DB (m/ha)	IFM	DFM	VMPM (m)
Alto	Médio	71	28,65	5790,05	0,64	3,05	1,38	4,58
Alto	Médio	72	46,91	13650,10	1,50	5,62	1,46	0,00
Alto	Médio	82	42,49	5944,92	0,65	2,57	1,34	5,62
Alto	Médio	85	21,84	3177,07	0,35	1,92	1,31	6,42
Alto	Médio	94	10,29	2953,81	0,32	2,60	1,38	4,18
Alto	Médio	95	29,86	5183,84	0,57	2,68	1,36	7,03
Alto	Médio	98	25,70	4369,98	0,48	2,43	1,35	2,45
Alto	Médio	115	11,92	3276,90	0,36	2,68	1,39	6,42
Alto	Médio	116	39,53	5688,36	0,63	2,55	1,34	2,45
Alto	Médio	118	10,24	2560,91	0,28	2,26	1,36	8,39
Alto	Médio	125	17,27	4569,18	0,50	3,10	1,40	4,44
Alto	Médio	126	39,43	11206,20	1,23	5,03	1,45	4,44
Alto	Médio	129	41,02	4855,70	0,53	2,14	1,31	0,00
Alto	Grande	73	67,29	6839,74	0,75	2,35	1,32	0,00
Alto	Grande	74	88,45	6988,28	0,77	2,10	1,29	3,92
Alto	Grande	88	54,07	5412,24	0,59	2,08	1,30	10,23
Alto	Grande	106	98,25	7775,45	0,85	2,21	1,30	4,14
Alto	Grande	110	99,78	13297,10	1,46	3,76	1,37	1,71
Alto	Muito grande	39	229,93	25916,40	2,85	4,82	1,39	0,00
Alto	Muito grande	40	403,78	35511,00	3,90	4,99	1,38	0,00
Alto	Muito grande	43	152,15	17203,40	1,89	3,93	1,37	0,00
Alto	Muito grande	46	343,60	33436,90	3,67	5,09	1,38	0,00
Alto	Muito grande	50	482,89	52286,80	5,75	6,71	1,41	0,00
Alto	Muito grande	66	157,01	25088,30	2,76	5,65	1,42	4,47
Alto	Muito grande	80	181,76	12770,50	1,40	2,67	1,31	3,63
Alto	Muito grande	96	359,16	39770,20	4,37	5,92	1,40	5,62
Alto	Muito grande	109	418,57	34755,90	3,82	4,79	1,37	4,32
Alto	Muito grande	112	140,43	7335,77	0,81	1,75	1,26	3,51
Alto	Muito grande	113	149,63	11876,30	1,30	2,74	1,32	1,71
Alto	Muito grande	114	473,44	33067,10	3,63	4,29	1,35	3,39

(Conclusão)

Setor	Tamanho	Identif.	AF (ha)	TB (m)	DB (m/ha)	IFM	DFM	VMPM (m)
Alto	Muito grande	120	354,38	32381,70	3,56	4,85	1,38	1,49
Alto	Muito grande	128	234,51	36289,50	3,99	6,68	1,43	0,00
Alto	Muito grande	130	139,26	30643,50	3,37	7,33	1,46	0,00

APÊNDICE B

Quantificação do IC, IEB e IEA dos fragmentos florestais analisados na BHRS.

(Continua)

Tamanho	Identif.	IC	IEA	IEB	Classe
Médio	2	0,390	0,526	0,483	Baixa
Médio	3	0,539	0,458	0,456	Baixa
Médio	5	0,488	0,565	0,591	Baixa
Médio	6	0,325	0,439	0,321	Baixa
Médio	7	0,463	0,504	0,488	Baixa
Médio	8	0,523	0,524	0,548	Baixa
Médio	10	0,539	0,458	0,456	Baixa
Médio	12	0,412	0,482	0,429	Baixa
Médio	13	0,768	0,449	0,558	Baixa
Médio	14	0,287	0,551	0,470	Baixa
Médio	17	0,183	0,564	0,437	Baixa
Médio	18	0,313	0,570	0,511	Baixa
Médio	20	0,250	0,549	0,448	Baixa
Médio	21	0,239	0,599	0,518	Baixa
Médio	22	0,185	0,593	0,483	Baixa
Médio	23	0,473	0,526	0,526	Baixa
Médio	25	0,241	0,446	0,289	Baixa
Médio	26	0,353	0,440	0,336	Baixa
Médio	27	0,222	0,444	0,277	Baixa
Médio	28	0,467	0,529	0,527	Baixa
Médio	29	0,336	0,527	0,458	Baixa
Médio	31	0,261	0,563	0,476	Baixa
Médio	33	0,302	0,538	0,458	Baixa
Médio	34	0,365	0,505	0,441	Baixa
Médio	37	0,448	0,432	0,372	Baixa
Médio	38	0,273	0,497	0,382	Baixa

(Continua)

Tamanho	Identif.	IC	IEA	IEB	Classe
Médio	41	0,411	0,436	0,360	Baixa
Médio	42	0,413	0,370	0,262	Baixa
Médio	47	0,304	0,579	0,521	Baixa
Médio	48	0,225	0,517	0,388	Baixa
Médio	49	0,259	0,478	0,347	Baixa
Médio	51	0,222	0,560	0,451	Baixa
Médio	52	0,407	0,438	0,360	Baixa
Médio	53	0,336	0,411	0,284	Baixa
Médio	54	0,334	0,447	0,338	Baixa
Médio	55	0,365	0,447	0,354	Baixa
Médio	56	0,122	0,553	0,390	Baixa
Médio	57	0,282	0,512	0,408	Baixa
Médio	58	0,183	0,531	0,388	Baixa
Médio	59	0,280	0,457	0,326	Baixa
Médio	60	0,222	0,497	0,357	Baixa
Médio	61	0,247	0,491	0,360	Baixa
Médio	62	0,423	0,424	0,347	Baixa
Médio	63	0,271	0,468	0,338	Baixa
Médio	64	0,315	0,598	0,554	Baixa
Médio	65	0,458	0,503	0,484	Baixa
Médio	67	0,141	0,527	0,361	Baixa
Médio	68	0,437	0,525	0,507	Baixa
Médio	69	0,268	0,479	0,352	Baixa
Médio	70	0,494	0,418	0,375	Baixa
Médio	71	0,328	0,505	0,421	Baixa
Médio	72	0,178	0,501	0,341	Baixa
Médio	75	0,352	0,437	0,331	Baixa
Médio	76	0,225	0,572	0,470	Baixa
Médio	77	0,560	0,344	0,296	Baixa
Médio	79	0,475	0,600	0,637	Baixa

(Continua)

Tamanho	Identif.	IC	IEA	IEB	Classe
Médio	82	0,389	0,469	0,398	Baixa
Médio	83	0,658	0,418	0,455	Baixa
Médio	85	0,521	0,408	0,372	Baixa
Médio	89	0,369	0,565	0,531	Baixa
Médio	91	0,531	0,373	0,325	Baixa
Médio	93	0,268	0,586	0,514	Baixa
Médio	94	0,385	0,457	0,378	Baixa
Médio	95	0,374	0,556	0,521	Baixa
Médio	97	0,271	0,467	0,337	Baixa
Médio	98	0,411	0,424	0,342	Baixa
Médio	101	0,410	0,463	0,400	Baixa
Médio	103	0,340	0,481	0,392	Baixa
Médio	105	0,357	0,536	0,483	Baixa
Médio	107	0,297	0,533	0,448	Baixa
Médio	108	0,257	0,574	0,489	Baixa
Médio	111	0,325	0,533	0,462	Baixa
Médio	115	0,373	0,449	0,361	Baixa
Médio	116	0,392	0,423	0,330	Baixa
Médio	118	0,443	0,456	0,405	Baixa
Médio	121	0,385	0,470	0,398	Baixa
Médio	123	0,270	0,455	0,317	Baixa
Médio	124	0,274	0,496	0,381	Baixa
Médio	125	0,322	0,470	0,366	Baixa
Médio	126	0,199	0,503	0,354	Baixa
Médio	127	0,367	0,590	0,569	Baixa
Médio	129	0,468	0,430	0,379	Baixa
Médio	131	0,397	0,528	0,490	Baixa
Médio	1	0,259	0,626	0,568	Média
Médio	4	0,331	0,617	0,591	Média
Médio	11	0,344	0,627	0,612	Média

(Continua)

Tamanho	Identif.	IC	IEA	IEB	Classe
Médio	16	0,472	0,693	0,775	Média
Médio	24	0,280	0,602	0,543	Média
Médio	30	0,195	0,664	0,594	Média
Médio	78	0,263	0,659	0,620	Média
Médio	84	0,392	0,639	0,654	Média
Médio	86	0,176	0,631	0,534	Média
Médio	99	0,258	0,615	0,552	Média
Médio	104	0,226	0,674	0,624	Média
Médio	117	0,371	0,682	0,709	Média
Grande	15	0,161	0,552	0,408	Baixa
Grande	19	0,189	0,561	0,436	Baixa
Grande	35	0,217	0,505	0,367	Baixa
Grande	36	0,206	0,555	0,436	Baixa
Grande	73	0,425	0,434	0,364	Baixa
Grande	74	0,477	0,475	0,451	Baixa
Grande	81	0,389	0,479	0,413	Baixa
Grande	88	0,482	0,443	0,405	Baixa
Grande	100	0,244	0,542	0,436	Baixa
Grande	102	0,272	0,579	0,504	Baixa
Grande	106	0,452	0,385	0,304	Baixa
Grande	110	0,266	0,543	0,448	Baixa
Grande	122	0,199	0,520	0,379	Baixa
Muito grande	32	0,199	0,559	0,438	Baixa
Muito grande	39	0,207	0,476	0,317	Baixa
Muito grande	40	0,201	0,518	0,377	Baixa
Muito grande	43	0,254	0,513	0,396	Baixa
Muito grande	44	0,192	0,545	0,414	Baixa
Muito grande	45	0,266	0,481	0,354	Baixa
Muito grande	46	0,197	0,515	0,371	Baixa
Muito grande	50	0,149	0,533	0,373	Baixa

(Conclusão)

Tamanho	Identif.	IC	IEA	IEB	Classe
Muito grande	66	0,177	0,529	0,382	Baixa
Muito grande	80	0,374	0,438	0,344	Baixa
Muito grande	87	0,274	0,537	0,442	Baixa
Muito grande	96	0,169	0,527	0,375	Baixa
Muito grande	109	0,209	0,562	0,448	Baixa
Muito grande	112	0,573	0,365	0,334	Baixa
Muito grande	113	0,365	0,512	0,451	Baixa
Muito grande	114	0,233	0,482	0,340	Baixa
Muito grande	120	0,206	0,517	0,378	Baixa
Muito grande	128	0,150	0,490	0,309	Baixa
Muito grande	130	0,137	0,536	0,372	Baixa
Muito grande	90	0,219	0,638	0,566	Média
Muito grande	92	0,206	0,696	0,646	Média
Muito grande	119	0,140	0,602	0,474	Média
Muito grande	9	0,161	0,542	0,394	Baixa

ANEXOS

ANEXO A

Mapeamento do Macrozoneamento de Ibiúna, instituído pela Lei Municipal nº 1.236/2006, em escala 1: 150.000.

